



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

---

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE PROTEÍNAS DE LAS HARINAS DE MAÍZ (*Zea mays*), CEBADA (*Hordeum vulgare*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*), PAPA (*Solanum tuberosum*), TRIGO (*Triticum aestivum*) NACIONAL E IMPORTADO PARA ORIENTAR SU USO EN PANIFICACIÓN y PASTAS.

---

Trabajo de Investigación previa la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Por: Liliana Alexandra Cerda Mejía

Tutor: Ing. María Rodríguez MSc

AMBATO – ECUADOR

2010

U.OJ(01.3)

11L t;n

18'6-HB



## INDICE GENERAL

	Pág.
Resumen Ejecutivo	VII
Importancia del Estudio	VIII

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico	12
1.2.3 Formulación del problema	13
1.2.4 Interrogantes	13
1.2.5 Prognosis	14
1.2.6 Delimitación	14
1.3 Justificación	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo General	16
1.4.2 Objetivos Específicos	17

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación	18
2.2. Fundamentación Filosófica	21
2.3. Fundamentación Legal	21
2.4. Categorías Fundamentales	22
2.4.1. Propiedades Funcionales de Proteínas	23
2.4.2. Características de las Proteínas	26

2.4.3.	Características Estructurales	27
2.4.4.	Formación de Masas	29
2.4.5.	Grupos Disulfuro y Sulfhidrilo	34
2.4.6.	Panificación	35
2.4.7.	Atributos de Calidad	35
2.4.8.	Características del Pan	37
2.4.9.	Sabor y Aroma del Pan	40
2.4.10.	Calidad Nutritiva del Pan	42
2.5.	Hipótesis	44
2.6.	Señalamiento de Variables	45

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

3.1.	Enfoque	46
3.2.	Modalidad Básica de Investigación	46
3.3.	Nivel o Tipo de Investigación	47
3.4.	Población y Muestra	48
3.5.	Operacionalización de Variables	50
3.5.1	Variable Independiente	50
3.5.2	Variable Dependiente	51
3.6.	Plan de Recolección de Información	52
3.7.	Procesamiento de Información	52

### **CAPITULO IV**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1.	Análisis de los Resultados	54
4.1.1.	Análisis Bromatológico	55
4.1.2.	Perfil de Aminoácidos	57
4.1.3.	Porcentaje de Gluten Húmedo y Seco	63
4.1.4.	Volumen de Sedimentación	67

4.1.5. Perfil de Retención de Solventes	70
4.1.5.1. Capacidad de Retención de Agua	70
4.1.5.2. Capacidad de Retención de Sacarosa	73
4.1.5.3. Capacidad de Retención de Carbonato de Sodio	77
4.1.5.4. Capacidad de Retención de Ácido Láctico	80
4.1.6. Estabilidad de Geles	84
4.1.7. Absorción de Agua por Proteínas	87
4.1.8. Grupos Disulfuro y Sulfhidrilo	90
4.2. Verificación de Hipótesis	96

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones	99
5.2. Recomendaciones	102

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1. Datos Informativos	104
6.2. Antecedentes de la Propuesta	105
6.3. Justificación	106
6.4. Objetivos	107
6.5. Análisis de Factibilidad	108
6.6. Fundamentación	114
6.7. Metodología. Modelo Operativo	116
6.8. Administración	118
6.9. Previsión de la Evaluación	119

## **CAPITULO VII**

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	120
---------------------	-----

<b>ANEXOS</b>	125
---------------	-----

## INDICE DE TABLAS

**Tabla 1.**Detalle del Diseño Experimental y Simbología

**Tabla 2.** Análisis Bromatológico de las Muestras de Harinas, porcentaje en Base Seca

**Tabla 3.**Composición de Aminoácidos en g/100g de harina en Base Seca

**Tabla 4.**Composición de Aminoácidos en g/100g de Proteína

**Tabla 5.**Comparación de Perfiles de Aminoácidos Esenciales (g/100 g de proteína)

**Tabla 6.**Aminoácidos Esenciales en las Harinas comparadas con el Patrón del Institute of Medicine, National Academy of Science

**Tabla 7.** Porcentaje de Gluten Húmedo de las Muestras de Harina de Trigo

**Tabla 8.** Porcentaje de Gluten Seco de las muestras de Harina de Trigo

**Tabla 9.** Análisis de Varianza para el Porcentaje de Gluten Húmedo

**Tabla 10.**Prueba de Tukey para el Porcentaje de Gluten Húmedo

**Tabla 11.**Análisis de Varianza para el Porcentaje de Gluten Seco

**Tabla 12.**Prueba de Tukey para el Porcentaje de Gluten Seco

**Tabla 13.**Volumen de Sedimentación (ml)

**Tabla 14.** Análisis de Varianza para el Volumen de Sedimentación

**Tabla 15.** Prueba de Tukey para el Volumen de Sedimentación

**Tabla 16.** Capacidad de Retención de Agua (%SRC H<sub>2</sub>O)

**Tabla 17.** Análisis de Varianza para el %SRC H<sub>2</sub>O

**Tabla 18.**Prueba de Tukey para el %SRC H<sub>2</sub>O

**Tabla 19.**Capacidad de Retención de Sacarosa (%SRC Sacarosa)

**Tabla 20.** Análisis de Varianza para el %SRC Sacarosa

**Tabla 21.** Prueba de Tukey para el %SRC Sacarosa

**Tabla 22.** Capacidad de Retención de Carbonato de sodio (%SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)

**Tabla 23.** Análisis de Varianza para %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**Tabla 24.** Prueba de Tukey para %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

**Tabla 25.**Capacidad de Retención de Acido Láctico (Ác. Láctico)

**Tabla 26.** Análisis de Varianza para %SRC Ác. Láctico

**Tabla 27.** Prueba de Tukey para %SRC Ác. Láctico

**Tabla 28.** Estabilidad o Porcentaje de Sinéresis de Geles de Proteínas

**Tabla 29.** Análisis de Varianza para Porcentaje de Sinéresis

**Tabla 30.** Prueba de Tukey para el Porcentaje de Sinéresis

**Tabla 31.** Absorción de Agua por Proteínas (ml agua/gr Materia Seca)

**Tabla 32.** Análisis de Varianza para Absorción de Agua por Proteínas

**Tabla 33.** Prueba de Tukey para Absorción de Agua por Proteínas

**Tabla 34.** Grupos Sulfhidrilos Totales ( $\mu$ moles SH/gr Proteína)

**Tabla 35.** Grupos Sulfhidrilos Libres ( $\mu$ moles SH/gr Proteína)

**Tabla 36.** Grupos Disulfuro ( $\mu$ moles SS/gr Proteína)

**Tabla 37.** Análisis de Varianza para Grupos Sulfhidrilos Totales

**Tabla 38.** Análisis de Varianza para Grupos Sulfhidrilo Libres

**Tabla 39.** Análisis de Varianza para Grupos Disulfuro

**Tabla 40.** Prueba de Tukey para Grupos Sulfhidrilos Totales

**Tabla 41.** Prueba de Tukey para Grupos Sulfhidrilo Libres

**Tabla 42.** Prueba de Tukey para Grupos Disulfuro

**Tabla 43.** Comparación de Valores de F

**Tabla 44.** Formulación para la Elaboración de Pan

**Tabla 45.** Balance de Costo para Pan con Harina de Trigo Nac.

**Tabla 46.** Balance de Costo para Pan con Harina de Cebada

**Tabla 47.** Balance de Costo para Pan con Harina de Maíz

**Tabla 48.** Balance de Costo para Pan con Harina de Quinoa

**Tabla 49.** Balance de Costo para Pan con Harina de Papa

**Tabla 50.** Costo Unitario de Pan con Harina Sustituta

**Tabla 51.** Modelo Operativo (Plan de acción)

**Tabla 52.** Administración de la Propuesta

**Tabla 53.** Previsión de la Evaluación

## INDICE DE GRAFICOS

**Gráfico 1.** El Árbol de Problemas

**Gráfico 2.** Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Agua de las Harinas

**Gráfico 3.** Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Sacarosa de las Harinas

**Gráfico 4.** Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  de las Harinas

**Gráfico 5.** Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Ácido Láctico de las Harinas

## RESUMEN EJECUTIVO

### Introducción

El presente trabajo de investigación abarca una fase fundamental, donde se evaluaron dos tipos de propiedades, la primera de tipo científico donde se desarrollaron diferentes pruebas en las propiedades estructurales de las proteínas, aplicando un diseño experimental de un solo factor completamente aleatorizado, ya que el único factor que intervenía es el tipo de harina, teniendo un total de siete tratamientos y tres replicas para cada uno de ellos. Con los análisis estructurales se evaluó el perfil de aminoácidos, grupos disulfuro y sulfhidrilos y un análisis bromatológico para determinar el contenido de proteína y ceniza, factores importantísimos en la fabricación de pan y pastas alimenticias.

La segunda propiedad es de tipo funcional, aplicando el mismo diseño experimental se pudieron evaluar análisis como el porcentaje de gluten (solo para la harina de trigo), volumen de sedimentación, el perfil de capacidad de retención de solventes. Al tener la harina como mayor componente al almidón es necesario realizar una extracción de proteína para medir algunas de las propiedades funcionales, logrando así medir la absorción de agua de las proteínas aisladas y la estabilidad de geles que se forman con ellas.

Para todos los tratamientos y cada uno de los análisis estructurales y funcionales, se realizó un análisis estadístico para determinar si alguna de las muestras de harina presenta propiedades similares a las del trigo importado utilizado como patrón, teniendo como los mejores tratamientos a la harina de trigo nacional cojitambo y a la harina de cebada nacional cañicapa. Todos los análisis realizados persiguen el uso de las muestras en la panificación y las pastas alimenticias.



## **Importancia del Estudio**

La importancia de esta investigación radica en la aplicabilidad tecnológica y científica, en la elaboración de pan y pastas alimenticias.

Al evaluar propiedades funcionales y estructurales de 5 tipos de harinas de cereales y tubérculo nacionales, se pudo obtener los mejores tratamientos que al ser sustituidos parcialmente por la harina de trigo importado en la fabricación de pan y pastas alimenticias, no van a alterar las propiedades físico – químicas y sensoriales a las que el consumidor esta acostumbrado, logrando así bajar los costos de estos productos y aumentar la calidad nutricional de los mismos.

La propuesta es, el uso de harinas alternativas en la elaboración de pan y pastas, donde se manejen las propiedades funcionales y estructurales de las proteínas, que no afecten la química presente en estos procesos.

El uso de harinas alternativas para la elaboración de pan y pastas alimenticias además de bajar considerablemente el costo, aumentará la calidad nutricional de los mismos, ya que se añade cantidades considerables de nutrientes sobre todo de proteína, ya que los cereales utilizados son ricos en aminoácidos esenciales. Adaptándose a las nuevas demandas de los consumidores.

Con el uso de estas harinas alternativas se puede bajar la cantidad de aditivos y mejoradores, que se utilizan para la panificación y pastas alimenticias.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 TEMA

Estudio de las propiedades funcionales de proteínas de harinas de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*), papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum aestivum*) nacional e importado para orientar su uso panificación y pastas.

### 1.2 EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

En el período de 2000-2005, de acuerdo a datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción promedio anual de trigo a nivel mundial se ubicó en 590.4 millones de toneladas, registrándose mayor producción en el año 2004, con una oferta mundial de 627.6 millones de toneladas. (33)

La producción mundial de trigo totaliza 567 millones de toneladas, siendo los principales productores: China 17.30%, EE. UU. 11.50%, India 9.40%, Rusia 7.9%. El comercio mundial de la gramínea se caracteriza por las importaciones que alcanzan a 112 millones de toneladas, las regiones y países más importantes que compran éste cereal son Asia 18.40%, Rusia 16.60%, Europa 14.10%, China 11.30%. (33)

Las exportaciones suman 106 millones de toneladas y son realizadas principalmente por los siguientes países: Estados Unidos 29,10%, Canadá 20,10%, Francia 16,30%, Australia 9,90% y Argentina 5,50%.

La producción de cebada en la campaña actual 2007/08 se estima en 136 millones de toneladas, debido a la reducción de las cosechas de Rusia, Ucrania, Turquía y Marruecos principalmente. Por otro lado, los precios muy altos de todos los cereales, ha motivado a incrementar la superficie de siembra para todos los cereales, representado en el caso de la cebada un incremento del 4 %, para 2008/09 de 65,9 millones de hectáreas, que contando con unas condiciones favorables meteorológicas podrían llegar a una producción de 149 millones de toneladas; es decir, 13 millones de toneladas más que la siembra anterior. (33)

Mientras la cosecha mundial de maíz se estima ahora en 766,71 millones de toneladas, aproximadamente 2,6 millones de toneladas menos de lo que se proyectaba un mes atrás.

Esta variación se debe principalmente a una reducción en la cosecha norteamericana, que pasó de 334,47 a 332,0 millones de toneladas de maíz para 2007/08.

Las cosechas proyectadas de los principales países casi no sufrieron cambios, a excepción de la Unión Europea que aumentó su producción en 110.000 toneladas.

Principales países productores de Maíz: Estados Unidos 332,09 millones de toneladas, China 145,0 millones de toneladas, Brasil 50,0 millones de toneladas, Unión Europea 47,36 millones de toneladas, México 23,2 millones de toneladas. (33)

Por otro lado la producción mundial de quinua ronda las 48 mil toneladas anuales, repartidas con un 45% en Bolivia, 42% en Perú, 6% en Estados Unidos, 3% en Canadá, 2% en Ecuador y una mínima fracción en Europa. (34)

En cuanto a la producción mundial de papa según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), alcanzó 325 millones de toneladas en 2008, como resultado de una tasa de crecimiento promedio anual de 1,5% desde 1990, una evolución equivalente a la del PIB agrícola global. Dicho crecimiento se debió principalmente a la expansión de la superficie cultivada, la que aumentó casi 1% al año, frente a sólo 0,5% anual de crecimiento en los rendimientos. (8)

América del Sur es una de las regiones del planeta que aún posee tierras para cultivo, y de buena calidad; por eso, se destaca como una de las fuentes de producción de alimentos del globo terrestre. Es considerada, por algunos investigadores y científicos, como el lugar que será responsable de la alimentación de la humanidad en este nuevo siglo,

iniciado hace apenas cinco años pero que ya vive centenas de transformaciones. (34)

En América Latina y el Caribe, no se pronostican cambios significativos en la producción de trigo para 2007, observándose que con respecto a 2006, el aumento en la producción será de tan sólo 2% y con respecto de 2005, ésta es menor en un 4%. (34)

Mientras que en las últimas cinco décadas el cultivo de cebada presentó un desarrollo acelerado, hasta llegar en el 2003 a cubrir una superficie de 75.600 hectáreas que produjeron 122 mil toneladas de cereal, cantidad que sirvió para abastecer el consumo nacional hasta un 80%. (35)

Desde entonces la producción se ha estabilizado entre 35.000 y 40.000 hectáreas, con producción promedio de 2 toneladas por hectárea y una producción que oscila entre 65 mil y 70 mil toneladas. (35)

Por otra parte el maíz es el principal cereal en América Latina y se cultiva en una amplia diversidad de ambientes de producción, altitudes que van desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m de altura, temperaturas extremadamente frías o muy calientes, regímenes de humedad que fluctúan desde los excesivamente húmedos a los semiáridos, terrenos que abarcan desde llanuras a las laderas más empinadas, con muchos y variados tipos de suelo y usando una gran variedad de tecnologías de producción. (34)

La producción de maíz en América Latina proviene de ambientes no templados; únicamente cerca del 15% se cultiva en ambientes templados, principalmente en el sur de Brasil, Argentina y Chile (34)

En la última década en América Latina se observa una apertura en cuanto a la comercialización al exterior, pero mayoritariamente desde Bolivia y Perú. (32)

Según información obtenida del último Censo Agropecuario realizado en el Perú en 2004, indica que allí se localizaron 73.027 unidades de producción, totalizando 20.615,6 ha. En este país se puede diferenciar, quinua producida con riego y en seco, siendo bajo este último sistema, mas del 95% de la superficie sembrada. (32)

Mientras que en Bolivia, la información que se maneja a nivel oficial, para el año 2006, es de 36.847 ha sembradas con quinua, con una producción total a nivel país de 23.785 toneladas. (32)

En este contexto, América Latina presentó el mayor aumento de los rendimientos en la producción de papa entre comienzos de los años 90 y los primeros años del nuevo milenio, alcanzando un nivel bastante cercano al promedio mundial de 16 toneladas por hectárea. (13)

El caso de Chile como exportador de papa semilla ejemplifica una interesante estrategia de especialización en América Latina. Al contrario de lo que ocurre al nivel regional, donde la papa procesada domina los flujos de exportación, el principal producto en las exportaciones chilenas de papa y derivados es la papa destinada a la siembra (45% del valor de las exportaciones del grupo de productos). En las exportaciones de papa y

derivados provenientes de Chile y destinadas a Brasil y Venezuela, la participación de la papa semilla es aún más elevada, llegando a 65% y 98%, respectivamente. (13)

Ecuador, país de diversos climas, se dedica en las regiones altas (sobre los dos mil metros) a la producción de flores y cultivos de frutales de clima templado, además de la producción de cereales de invierno y maíz nativo. En las regiones próximas al mar, los cultivos son de maíz en un aproximado de 240.201 hectáreas, y en la sierra, los cultivos son de papa en un aproximado de 47.494 hectáreas. (34)

El Ecuador importó en el 2002 la cantidad de 629,601 toneladas de granos, de los cuales al trigo le correspondió el 78.18%, soya 8.78%, maíz 4.91%, cebada 2.67%, maíz amarillo 2.94% y avena 2.60%. (34)

Los proveedores de cereales fueron las siguientes compañías: Louis Dreyfus con el 18.03%, Continental Grain Co. 15.17%, Seaboard Trading 13.80%, Australian Wheat Board 14.14%, Aceitera General Deheza 5.24%, Peavey 3.50%, Archer Daniels Midland 3.8%, Materias de Colombia 2.50%, Cargill 2.68% y el restante 21.14% fueron realizados por once compañías en menores porcentajes.

De las 492,222 toneladas de trigo importado, el 15% o sea 73.833 toneladas se emplean en la industria de los balanceados y el 85% restante 418.388 toneladas se emplean en la fabricación de harina. La capacidad de la industria molinera instalada en el país alcanza a 850.000 toneladas y se encuentra repartida de la siguiente forma: 3 molinos en la costa y 22 molinos en la sierra. La capacidad de los molinos utilizada es del 58% con respecto a las necesidades del país. (34)

Según el informe del Proyecto SICA-BM/MAG-Ecuador (2002). La superficie sembrada de trigo en el Ecuador ha ido disminuyendo paulatinamente, como consecuencia de las políticas agrícolas aplicadas durante la década de los 80 y 90 en el país. La importación de trigo pasó a reemplazar la producción nacional. (34)

El bajo rendimiento se debe principalmente a la deficiente tecnología aplicada en el proceso de producción, como también al amplio número de productores minifundistas dedicados a este cultivo, aunque también existen reportes de agricultores que indican producciones de entre 3-4 Tm/ha. La producción de trigo en el 2002 fue de alrededor de 13 mil Tm, es decir un 57% menos que la registrada en el año 1990 e inclusive un 38% menos que las estadísticas definidas por el INEC en 1995. (34)

La segunda provincia en producción era Chimborazo en 1995, pero para el 2002 se redujo su participación cayendo la producción en un 47%; convirtiendo a Imbabura en la segunda productora de trigo con el 26%, un incremento de más de 1000 Tm con respecto a 1995 (37).

En el Ecuador, el maíz amarillo es un cultivo de carácter extensivo que se siembra en todas las provincias principalmente en Manabí, Los Ríos y Guayas. Para 98.851 Unidades de Producción Agrícolas este producto representa la principal fuente de ingresos. Además es la materia prima más utilizada por la industria fabricante de balanceado. (37)

En condiciones normales, la superficie anual dedicada al cultivo de maíz duro en el país es de 350 mil Has, de las cuales 230 mil Has se siembran en el ciclo de invierno y 120 mil Has en verano. Las provincias



maiceras son las siguientes: el 35% del área maicera se siembra en Manabí, un 27% en Los Ríos y un 23% en Guayas; los rendimientos más altos se obtienen en Los Ríos 3.7 Tm/Ha, seguidos por los de Guayas 3 Tm/Ha y Manabí con los más bajos 2 Tm/Ha.

De la producción nacional de maíz: la avicultura consume el 57%; los alimentos balanceados para otros animales el 6%; un 25% se exporta a Colombia; el 4% se destina a las industrias de consumo humano y el resto ó sea el 8 % sirve para autoconsumo y semilla. (41)

Por otro lado en el Ecuador la cebada ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. La razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. (44)

La producción de las cebadas de invierno es más homogénea que las de primavera, y su exigencia en abonos minerales de estas últimas es menor, pues su sistema radicular está más desarrollado y aprovecha mejor todos los nutrientes del terreno. La cantidad de semilla depende del tipo de cebada (de invierno o de primavera). En la cebada de invierno sembrada a voleo se emplean de 150-180 kg/ha, y si se realiza en líneas esta cantidad disminuye de 120 a 125 kg/ha. (44)

En las cebadas de primavera se emplea más cantidad de semilla, si las siembras son tardías deben ser más densa. Si la cebada se destina a forraje verde se emplea mayor cantidad de semilla.

La cantidad de semilla a emplear es muy variable. Normalmente la cantidad empleada oscila entre 120 y 160 kg/ha. La siembra a chorrillo

con sembradora, es el método más recomendable, pues hay un mayor ahorro de semilla, las poblaciones de plantas son más uniformes y hay una menor incidencia sectorial de enfermedades. Se suele realizar con distancias que varían algo entre líneas. Son corrientes las sembradoras fijas que guardan una distancia entre líneas de 17 ó 18 cm. (36)

La quinua producida en el país, es consumida por la población en general, con una mayor incidencia en la sierra, por los propios productores de las zonas rurales y por los estratos de población medio y bajos. (32)

La demanda de quinua se analiza a partir de las cantidades oficiales de producción nacional, importaciones y exportaciones, comparada con el consumo que significaría incluyendo las cifras no registradas del ingreso de quinua boliviana y peruana. (32)

En el período 2000 – 2006, en promedio, en el Ecuador posee una superficie cosechada 914.14 Ha. de quinua / año, con una producción de 516.00 Tm. y un rendimiento de 0.56 Tm./ ha, dichos promedios son considerados bajos reflejando que el cultivo de la quinua en el país sigue siendo de subsistencia o autoconsumo, ya que conoce que el 80% de las unidades productivas Agrícolas (UPA) en la serranía esta compuesto por minifundios, con una tecnología tradicional, cultivando en suelos marginales y en manos de pequeños agricultores principalmente. (32)

Las zonas productoras de quinua en el país se localizan en las provincias de la sierra, en orden de importancia: Cotopaxi, Chimborazo, Carchi, Imbabura, Pichincha y Tungurahua, las mismas que constan en las estadísticas del MAGAP, y en el caso específico de la provincia de Bolívar se viene ejecutando desde el año 2001. (37)

Mientras que la producción de papa en el Ecuador creció en el orden del 69% entre los años 2000-2006, debido al incremento del rendimiento en el 71%, en cambio la superficie decreció en el 1.23%. Las siembras y cosechas de papa durante todo el año, permite abastecer suficientemente el consumo nacional.

El cultivo de papa en Ecuador se realiza en la Sierra, en alturas comprendidas entre los 2700 a 3400 msnm, sin embargo los mejores rendimientos se presentan en zonas ubicadas entre los 2.900 y 3.300 msnm donde las temperaturas fluctúan entre 11 y 9°C.

La papa se produce en las diez provincias de la Sierra, constituyéndose las más representativas por el volumen de producción, Carchi, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo y Cotopaxi. Las variedades cultivadas preferentemente en la zona Centro son: Gabriela, Esperanza y María, Fripapa y las nativas Uvilla y Leona Blanca; y en la zona Sur Bolona, Esperanza, Gabriela y Jubaleña. . (43)

El trigo se usa fundamentalmente en la fabricación de los distintos derivados de la panificación, ya que presenta la particularidad de que durante su fermentación se produce un esponjamiento, característica que solo el centeno comparte parcialmente ya que los demás cereales (avena, sorgo, cebada, maíz, arroz, etc.) no la tienen. (1)

Esta capacidad de esponjamiento se debe principalmente a las proteínas, la harina contiene de un 10 a 12 por ciento de proteínas, que al igual que las del maíz, son básicamente glutelinas y prolaminas. (1)

Las glutelinas del trigo reciben el nombre de gluteninas, mientras que las prolaminas, el de gliadinas y ambas suman 85 por ciento de la fracción proteínica; estas, junto con los lípidos y el agua forman el llamado glúten, responsable de las propiedades de cohesividad y de viscoelasticidad de la masa de panificación. (1)

Las gliadinas solubles en etanol al 70 por ciento representan 50 por ciento del total de las proteínas, son una clase heterogénea de 40 – 60 polímeros que por electroforesis se han dividido en cuatro grupos ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$ ), su conformación se estabiliza por enlaces disulfuro intramoleculares, al hidratarse forman una masa visco extensible. (1)

Por otro lado las proteínas no solo son fuentes de aminoácidos, sino que debido a su naturaleza polimérica, su presencia influye decididamente en las características reológicas y de textura del alimento, que hacen que éste sea más aceptado por el consumidor. (6)

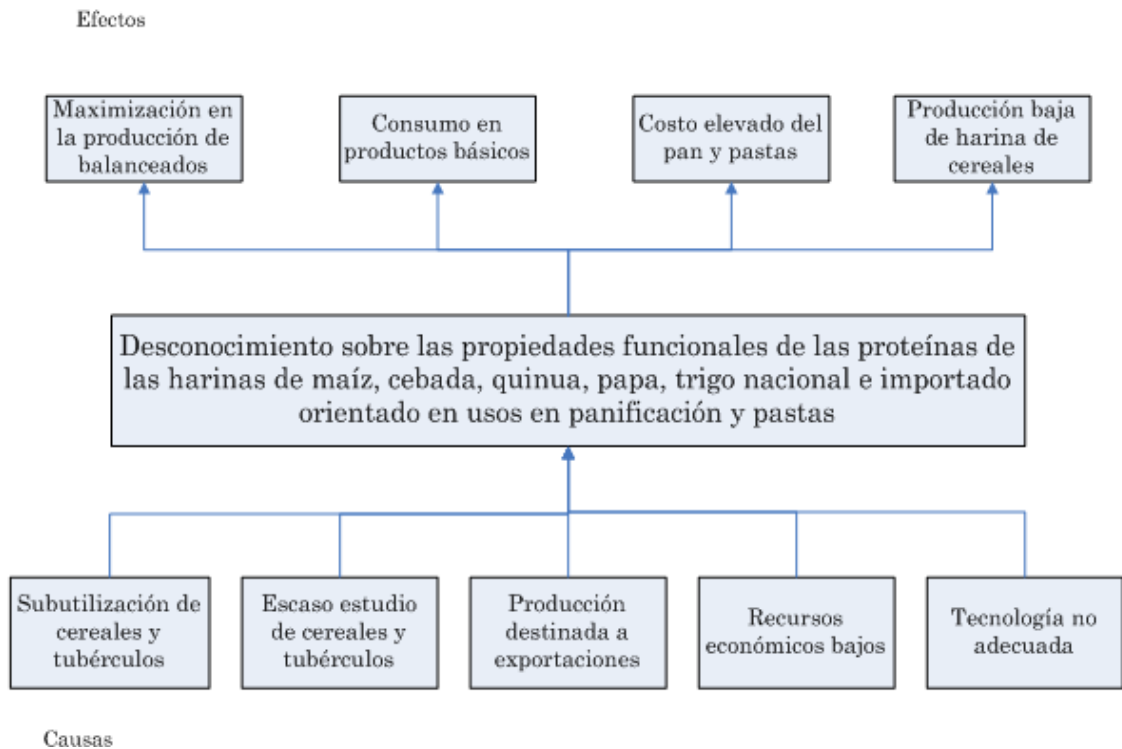
En términos generales, las propiedades funcionales se definen como “cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica algunas características de un alimento y que contribuye a la calidad del producto final”. (9)

Dichas propiedades se observan normalmente en las proteínas en estado natural, ya que se pierden cuando se presenta la desnaturalización. (11)

La caracterización de proteínas de cereales (maíz, cebada quinoa) y tubérculos (papa) se realiza con el fin de conocer si su estructura polimérica es ideal para el uso en panificación y pastas.

## 1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Gráfico 1. El Árbol de Problemas



Elaborado por: Liliana Cerda, 2009

### Relación Causa – Efecto

#### Causa:

Escaso estudio de la funcionalidad de cereales y tubérculos

#### Efecto:

Costo elevado de pan y pastas por materia primas caras.

El presente estudio, trata de caracterizar las propiedades funcionales de proteínas de cereales (maíz, cebada, quinua, trigo nacional e importado) y tubérculos (papa), cuyas propiedades evaluarán la calidad

panadera de estos cereales, tomando en cuenta las características fisicoquímicas que son las que determinan la funcionalidad de las mismas, permitiendo de esta manera evaluar si estos cereales y tubérculos son aptos para su uso en panificación y pastas.

### **1.2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo el desconocimiento sobre las propiedades funcionales de proteínas de las harinas de maíz, cebada, quinua, papa, trigo nacional e importado incide en el adecuado uso en panificación y pastas en el período comprendido entre mayo – noviembre 2009 en la Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato?

### **1.2.4 INTERROGANTES**

- ¿Qué característica fisicoquímica determinará la funcionalidad de las proteínas?
- ¿Qué métodos de elaboración, almacenamiento, transporte y manejo se puede dar a los cereales y tubérculos para disminuir pérdidas de procesamiento y mejorar la calidad del producto?
- ¿Qué cereal o tubérculo presentará las mejores propiedades funcionales de sus proteínas?
- ¿El uso de cereales y tubérculos nacionales aumentará el contenido de proteína en el pan y los fideos?

### **1.2.5 PROGNOSIS**

El presente estudio constituiría una variante de investigación tecnológica y aplicada para la caracterización funcional de proteínas de harinas de cereales y tubérculos para orientar su uso en panificación y pastas, ya que el desconocimiento de la funcionalidad de las proteínas de estos cereales y tubérculos ha provocado la falta de uso de los mismos, a pesar que estos podrían tener propiedades similares a las que presenta la harina de trigo importado. Además, la evaluación de la calidad de las proteínas de las harinas a través de la evaluación de sus características físico – químicas permitirá evitar pérdidas de recursos a nivel industrial y optimizar sus aplicaciones en un futuro.

### **1.2.6 DELIMITACIÓN**

#### **1.2.6.1 Delimitación Científica**

**Área:** Investigación Tecnológica y Aplicada  
**Sub-área:** Agrícola  
**Sector:** Cereales y tubérculo  
**Sub-sector:** Caracterización funcional de proteínas de las harinas de maíz, cebada, quinua, papa, trigo nacional e importado.

#### **1.2.6.2 Delimitación Tiempo - Espacial**

El proyecto de investigación se realizará en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ciencia e Ingeniería de los Alimentos, con el financiamiento del Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de

Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF, en el período comprendido entre Mayo hasta Noviembre del 2009”.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Las proteínas son uno de los principales constituyentes de los alimentos debido a sus propiedades estructurales y funcionales determinan las características sensoriales de los mismos.

Una proteína puede tener una alta calidad nutritiva y sin embargo no poseer propiedades funcionales adecuadas para su incorporación en un determinado sistema alimentario o proceso. La funcionalidad de las proteínas es por lo tanto de gran importancia tecnológica, existiendo un gran interés por conocer los mecanismos implicados en la funcionalidad de las mismas, para de esta forma, poder modificarlas y extender su rango de aplicabilidad.

Una de las propiedades funcionales que presentan las proteínas es debido a sus grupos ionizables carboxilo, amino y otros, los aminoácidos son capaces de desarrollar una carga (+) o (-) de acuerdo con el pH al que se encuentren, es decir, su carácter anfotérico les confiere la capacidad de recibir y de donar electrones, esta situación hace que exista un estado químico conocido como punto isoeléctrico o de doble ión. (1)

La importancia del presente estudio radica en la caracterización funcional de proteínas de cereales y tubérculos para la orientación en



panificación y pastas, este estudio nos permitirá tener unos productos resultantes con satisfactorias características físico – químicos y sensoriales, permitiendo el uso potencial de este tipo de cereales subutilizados y tubérculos en estos tipos de productos.

Los beneficiarios de este proyecto será el sector agrícola, ya que consumirá lo que ellos producen en cuanto a cereales y tubérculos, el sector molinero ya que los costos de producción de harina panadera y para pastas bajaría gracias al uso de cereales nacionales, y el pueblo ecuatoriano en general ya que los costos de pan y pastas alimenticias bajarían por lo tanto adquisición sería mas fácil.

El estudio será financiado por el Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF, mismo que cuenta con el apoyo del convenio UTA – SENACYT, financiará todos los gastos en la adquisición de materia prima, materiales y reactivos para la realización de los análisis en cada una de las harinas y con esto aprovechamiento de los recursos naturales que se posee el país.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Estudiar las propiedades funcionales de proteínas de harinas de cereales (maíz, cebada, quinua, trigo nacional e importado) y tubérculo (papa) para orientar su uso en panificación y pastas.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades bromatológicas de las harinas procedentes de cereales y tubérculo.
- Comparar el perfil de aminoácidos de las harinas de cereales y tubérculo mediante cromatografía líquida de alta presión
- Determinar que harina de trigo nacional o importado presenta mayor porcentaje de gluten.
- Establecer que harina presenta mayor absorción de agua por parte de las proteínas de las mismas.
- Determinar el perfil de capacidad de retención de solventes en las harinas de cereales y tubérculo.
- Determinar la estabilidad de geles formados por las proteínas de cereales y tubérculo.
- Determinar el volumen de sedimentación de las harinas procedentes de cereales y tubérculo.
- Determinar la cantidad de grupos disulfuro y sulfhidrilo en las proteínas de las harinas de cereales y tubérculos.
- Sugerir las harinas apropiadas que podrían utilizarse en la elaboración de pan.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Al efectuar una revisión bibliográfica en la Universidad Técnica de Ambato en la biblioteca de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos se encontró investigaciones acerca de cereales y su uso en la elaboración de productos panificables, tomando lo que se puede mencionar de la calidad y cantidad de proteína, donde:

Monge *et al.* (1966), indican que el mejoramiento genético de trigo, tiene un fin primordial, la obtención de variedades cuya producción, calidad y demás características sean superiores a las comúnmente cultivadas. El contenido de proteína varía desde cerca de 6% hasta un 20% dependiendo en parte de la variedad y clase de trigo y también de los factores ambientales durante el desarrollo del grano.

Kobrehel y Matignon (1980), indican que el papel funcional de las proteínas de trigo, especialmente del gluten en la calidad panadera está bien establecido, las propiedades específicas viscoelásticas de la masa son usualmente explicadas por la presencia y la interacción de los grupos thiol y disulfuro.

Pazmiño *et al.* (1982), mencionan que la harina de trigo es la única que posee proteínas que al mezclarse con agua o líquidos conteniendo agua forma una sustancia firme, gomosa y elástica denominada gluten. El gluten está compuesto de partes aproximadamente iguales de glutenina y gliadina; la glutenina da a la masa fuerza para retener los gases y determina la estructura del producto horneado, la gliadina da propiedades elásticas o de estiramiento al gluten.

Pazmiño y Salavarría (1982), mencionan que la prueba de sedimentación se basa en la capacidad de hidratación de una harina de trigo en suspensión de un medio ácido, está influenciada por la calidad y cantidad de proteína. El índice de sedimentación nos da una información aproximada de la calidad panificadora de la harina.

Según Calaveras (1996), Las proteínas de la harina de trigo se dividen en dos fracciones: La fracción soluble en agua constituida por albúminas, globulinas y péptidos, que en total suman 15% y la fracción restante correspondiente al 85% lo conforman la gliadina y glutenina, que son las proteínas formadoras de masa, éstas son insolubles en agua y al contacto con la misma forman una red proteica llamada gluten.

Stanley (2002), nos dice que las proteínas del gluten de trigo son especiales en cuanto a su composición en aminoácidos, incluso se comparan con las proteínas de reserva de otros cereales.

La calidad de la proteína para propósitos de panificación, se incrementa al aumentar el número posible de enlaces disulfuro determinado por su contenido de cistina. (18)

Ogunbenle (2003), indico que la quinua es una buena fuente de proteína, carbohidratos, minerales esenciales, maltosa y D – xilosa. La absorción de agua es favorable y aumenta su potencialidad en las formulaciones de alimentos y bebidas para consumo humano.

Recalde y Rodríguez (2003), mencionan que no solo la cantidad de proteína permite obtener una harina de fuerza panadera sino que dependerá también de su característica coloidal es decir de la calidad y funcionalidad de las proteínas.

Ponzio (2005), indica que el perfil proteico de las distintas variedades de trigo incide significativamente en su comportamiento frente a distintos tipos de esfuerzo al que se someta la masa. Una variedad con composición proteica de alto peso molecular resiste el agregado de proteínas de menor calidad (bajo peso molecular) sin que se alteren significativamente las propiedades reológicas de las masas, presentándose, en algunos tipos de ensayos un cierto grado de actividad atribuible.

Renzetti *et al.* (2007), según su estudio, la funcionalidad de proteínas de gluten libre en harinas puede ser modificada para mejorar sus características promoviendo redes de proteína.

## 2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSOFICA

El enfoque que orienta a la presente investigación se basa en un paradigma Positivista según:

Dobles, Zúñiga y García (1998) enuncian que la teoría de la ciencia que sostiene el positivismo se caracteriza por afirmar que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia, particularmente con el empleo de su método.

Por ende, la ciencia positivista se cimienta sobre el supuesto de que el sujeto tiene una posibilidad absoluta de conocer la realidad mediante un método específico.

## 2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Las harinas de los cereales con los que se va a trabajar deben presentar características excelentes en cuanto a calidad, con alto contenido nutricional y proximal, con características físico – químicas excelentes en cuanto a la calidad y contenido de proteína.

Los análisis físicos químicos o propiedades funcionales a las harinas son:

Porcentaje de gluten	NTE – INEN 529	ANEXO A – 1
Absorción de agua	CFEP (CYTED)	ANEXO A – 2
Estabilidad de geles	CFEP (CYTED)	ANEXO A – 3
Determinación de Grupos Disulfuro y Sulfhidrilo	Método Thannhausser	
ANEXO A – 4		

Sedimentación

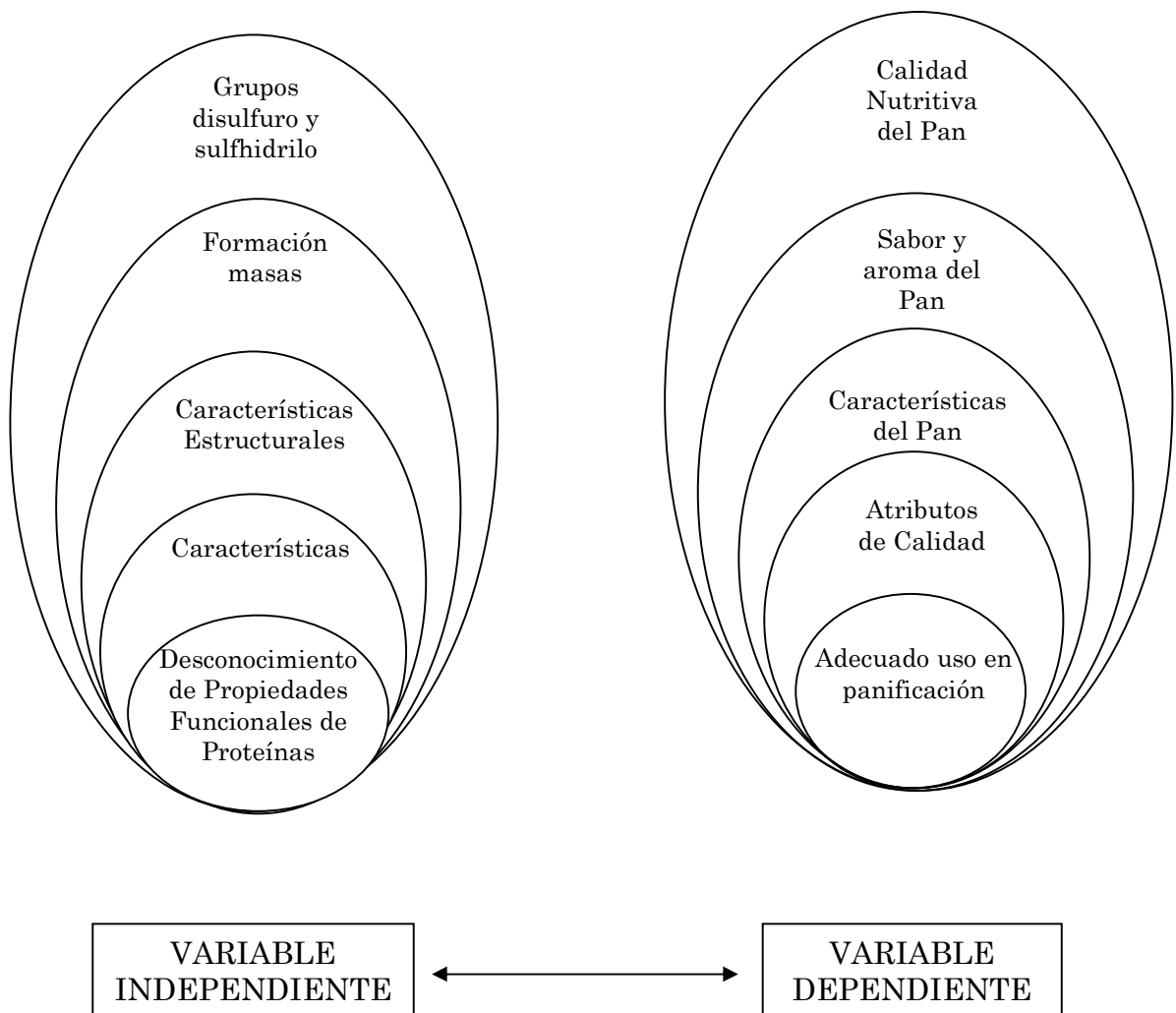
NTE – INEN 531

ANEXO A – 5

Capacidad de retención de solvente AACC 56-11

ANEXO A – 6

## 2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES



Elaborado por: Liliana Cerda, 2009

### **2.4.1 Propiedades Funcionales de Proteínas**

Los atributos sensoriales de un alimento son consecuencia del efecto colectivo de complejas interacciones entre diversos componentes del alimento. Generalmente las proteínas tienen una gran influencia sobre los atributos sensoriales de los alimentos. Las características sensoriales de los productos horneados están relacionadas con las propiedades viscoelásticas y formadoras de masa del gluten de trigo. (11)

La funcionalidad de las proteínas alimentarias se define como aquellas propiedades físicas y químicas que derivan del comportamiento de las proteínas en los sistemas alimenticios durante el procesado, el almacenamiento, la preparación y el consumo. (11)

Los atributos sensoriales de los alimentos se deben a complejas interacciones entre varios ingredientes funcionales. Por ejemplo, los atributos sensoriales de una tarta o un bizcocho son consecuencia de las propiedades gelificantes por acción del calor, espumas y emulgentes de los ingredientes usados. Por tanto, para que una proteína sea útil, como ingrediente, en la elaboración de tartas y productos similares debe poseer múltiples funcionalidades. (10)

Estas proteínas son mezclas de especies moleculares distintas, con propiedades físico – químicas muy diferentes y capaces de desempeñar numerosas funciones. (10)

Todavía no se conocen con suficiente precisión las propiedades moleculares de las proteínas a las que se deben las distintas funcionalidades deseables en los alimentos.



Entre las propiedades físicas y químicas que gobiernan la funcionalidad de las proteínas se incluyen el tamaño, la forma, la composición y secuencia aminoacídica, la carga neta y distribución de las cargas, el cociente hidrofobia/hidrofilia, las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria, el grado de flexibilidad – rigidez y la capacidad de interaccionar con, o repeler, otros componentes.

Como las proteínas poseen multitud de propiedades físicas y químicas, es difícil delimitar el papel que cada una de ellas juega en una determinada propiedad funcional.

A nivel empírico, las diversas propiedades funcionales de las proteínas pueden considerarse como una manifestación de dos aspectos moleculares de las proteínas: (a) las propiedades hidrodinámicas y (b) las propiedades relacionadas con la superficie.

Algunas propiedades funcionales como la viscosidad, la gelificación y la texturización, están relacionadas con las propiedades hidrodinámicas de las proteínas que dependen del tamaño, la forma y la flexibilidad molecular. Otras (como la humectabilidad, la dispersabilidad, la solubilidad, las propiedades espumantes, emulsionantes y de fijación de sabores) están relacionadas con las propiedades químicas de las proteínas.

(9)

Aunque es mucho lo que se sabe sobre las propiedades físico-químicas de varias proteínas alimentarias, no ha sido posible predecir fiablemente las propiedades funcionales a partir de sus propiedades moleculares. Se han establecido unas cuantas correlaciones empíricas

entre propiedades moleculares y ciertas propiedades funcionales en sistemas modelo. (9)

Sin embargo, el comportamiento en los sistemas modelo no es siempre el mismo que en los productos alimenticios reales, lo que, en parte, es atribuible a la desnaturalización de las proteínas durante la fabricación de los alimentos. (9)

El grado de desnaturalización alcanzado depende del pH, la temperatura y otras condiciones de procesado, así como de determinadas características del producto. Además, en los alimentos reales, las proteínas interactúan con otros componentes alimenticios, como los lípidos, los azúcares, los polisacáridos y diversos componentes minoritarios y esto modifica su comportamiento funcional. (12)

A pesar de estas dificultades, se ha progresado mucho en el entendimiento de las relaciones existentes entre las diversas propiedades físico – químicas de las moléculas proteicas y sus propiedades funcionales. (7)

Los métodos o procesos seguidos para aislar las proteínas pueden afectar a sus propiedades funcionales. Generalmente, la mínima desnaturalización que sufren durante algunas de las etapas del aislamiento resulta ventajosa, porque permite una solubilidad proteica aceptable, que suele ser un prerrequisito para su funcionalidad en los productos alimenticios. En algunos casos, una desnaturalización controlada de las proteínas mejora ciertas propiedades funcionales. (11)

### 2.4.2 Características de las Proteínas

Las proteínas son macromoléculas o biopolímeros están constituidas por gran número de unidades estructurales simples repetitivas (monómeros). Debido a su gran tamaño, cuando estas moléculas se dispersan en un disolvente adecuado, forman siempre dispersiones coloidales, con características que las diferencian de las disoluciones de moléculas más pequeñas. (3)

Por hidrólisis, las moléculas de proteína se dividen en numerosos compuestos relativamente simples, de masa pequeña, que son las unidades fundamentales constituyentes de la macromolécula. Estas unidades son los aminoácidos, de los cuales existen veinte especies diferentes y que se unen entre sí mediante enlaces peptídicos. Cientos y miles de estos aminoácidos pueden participar en la formación de la gran molécula polimérica de una proteína. (6)

Todas las proteínas tienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y algunas también azufre. Si bien hay ligeras variaciones en diferentes proteínas, el contenido de nitrógeno representa, por término medio, 16% de la masa total de la molécula; es decir, cada 6,25 g de proteína contienen 1 g de N. El factor 6,25 se utiliza para estimar la cantidad de proteína existente en una muestra a partir de la medición de N de la misma. (4)

Las proteínas son largas cadenas de aminoácidos unidas por enlaces peptídicos entre el grupo carboxilo (-COOH) y el grupo amino (-NH<sub>2</sub>) de residuos de aminoácido adyacentes. La secuencia de aminoácidos en una proteína está codificada en su gen mediante el código genético. (1)

Aunque este código genético especifica los 20 aminoácidos "estándar" más la selenocisteína y la pirrolisina, los residuos en una proteína sufren a veces modificaciones químicas en la modificación postraducciona: antes de que la proteína sea funcional en la célula, o como parte de mecanismos de control. Las proteínas también pueden trabajar juntas para cumplir una función particular, a menudo asociándose para formar complejos proteicos estables. (4)

### **2.4.3 Características Estructurales**

Se distinguen cuatro niveles de estructura proteica: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. (1)

#### **Estructura Primaria**

Por estructura primaria de una proteína se entiende la secuencia lineal en que los aminoácidos que la componen se unen de forma covalente, a través de enlaces amida, conocidos también como enlaces peptídicos. El enlace peptídico es el fruto de la condensación del grupo  $\alpha$  – carboxílico del aminoácido  $i + 1$ , con eliminación de una molécula de agua. En esta secuencia lineal, todos los restos de aminoácido se encuentran en configuración L. (4)

#### **Estructura Secundaria**

La estructura secundaria es la disposición de la secuencia de aminoácidos en el espacio. Los aminoácidos a medida que van siendo enlazados durante la síntesis de proteínas y gracias a la capacidad de giro de sus enlaces, adquieren una disposición espacial estable, la estructura secundaria. (4)

Existen dos tipos de estructura secundaria:

- la  $\alpha$ -hélice
- la conformación  $\beta$

Esta estructura se forma al enrollarse helicoidalmente sobre sí misma la estructura primaria. Se debe a la formación de enlaces de hidrógeno entre el  $\text{-C=O}$  de un aminoácido y el  $\text{-NH-}$  del cuarto aminoácido que le sigue. (4)

En esta disposición los aminoácidos no forman una hélice sino una cadena en forma de zigzag, denominada disposición en lámina plegada. (1)

### **Estructura Terciaria**

La estructura terciaria informa sobre la disposición de la estructura secundaria de un polipéptido al plegarse sobre sí misma originando una conformación globular. (1)

En definitiva, es la estructura primaria la que determina cuál será la secundaria y por tanto la terciaria. (1)

Esta conformación globular facilita la solubilidad en agua y así realizar funciones de transporte, enzimáticas, hormonales, etc. (4)

Además se mantiene estable gracias a la existencia de enlaces entre los radicales R de los aminoácidos. Aparecen varios tipos de enlaces:

- El puente disulfuro entre los radicales de aminoácidos que tiene azufre.
- Los puentes de hidrógeno

- Los puentes eléctricos
- Las interacciones hidrófobas

### **Estructura Cuaternaria**

Esta estructura informa de la unión, mediante enlaces débiles (no covalentes) de varias cadenas polipeptídicas con estructura terciaria, para formar un complejo proteico. Cada una de estas cadenas polipeptídicas recibe el nombre de protómero. (4)

#### **2.4.4 Formación Masa**

Entre las proteínas alimentarias, las del trigo son muy singulares por su capacidad de formar una masa viscoelástica. Cuando una mezcla de harina de trigo y agua (en una relación aproximada de 3:1) se mezcla y trabaja se forma una masa con propiedades viscoelásticas, apropiada para la fabricación de pan y otros productos de panadería. Las características singulares de la masa son atribuibles, fundamentalmente, a las proteínas de la harina de trigo. (5)

El gluten tiene una composición aminoacídica única: Glutamina/Gliadina y Prolina dan cuenta de más del 50% de los restos aminoacídicos. La baja solubilidad en agua de gluten se debe a su pobreza en Lys, Arg, Glu y Asp, que en conjunto suponen menos del 10% de los aminoácidos totales. Alrededor de un 30% de los restos aminoacídicos de gluten son hidrófobos y contribuyen considerablemente a su capacidad de formar agregados proteicos por interacciones hidrofóbicas y de fijar lípidos y otros compuestos apolares. (3)

El elevado contenido en glutamina e hidroxiaminoácidos (alrededor del 10%) del gluten es el responsable de sus propiedades fijadoras de agua. Además, entre la glutamina y los restos hidroxilo de los polipéptidos del gluten, se establecen puentes de hidrógeno, que contribuyen a sus propiedades de cohesión- adhesión. (10)

La cistina y la cisteína dan cuenta de 2 – 3% de los restos de aminoácidos totales de gluten. Durante la formación de la masa estos restos sufren un intercambio sulfhidrilo – disulfuro que determina una amplia polimerización de las proteínas del gluten. (10)

Durante el amasado de la mezcla de harina de trigo y agua, se producen varias transformaciones físicas y químicas. Bajo la acción de las fuerzas de cizalla y tracción aplicadas, las proteínas de gluten absorben agua y se despliegan parcialmente. El desplegamiento parcial de las moléculas de proteína facilita las interacciones hidrofóbicas y los intercambios sulfhidrilo – disulfuro, que determinan la formación de polímeros en forma de hebra. (9)

Estos polímeros lineales interaccionan, a su vez, entre sí (probablemente vía enlaces de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y enlaces cruzados disulfuro) para formar una película capaz de atrapar gases. Estas transformaciones del gluten determinan un aumento progresivo de la resistencia de la masa con el tiempo, hasta alcanzar un valor máximo, tras el cual la resistencia disminuye, indicando que se está rompiendo la estructura de la red. (7)

La ruptura implica el alineamiento de los polímeros en la dirección de las fuerzas de cizalla y cierto grado de fractura de los enlaces disulfuro,

que reducen el tamaño de los polímeros. El tiempo de amasado que se tarda en alcanzar la resistencia máxima es una medida de la calidad del trigo para la elaboración de pan. Cuanto más se prolongue mejor es su calidad. (5)

El desarrollo de una masa viscoelástica parece estar relacionado con el número de reacciones de intercambio sulfhidrilo-disulfuro. Así parece deducirse del hecho de que si se añaden a la masa agentes reductores, como la cisteína o bloqueadores de grupos sulfhidrilo, como la N – etilmaleimida, disminuye mucho la viscoelasticidad de la misma. Por otro lado, si se añaden agentes oxidantes, como yodatos y bromatos, la elasticidad de la masa aumenta. (18)

Las variedades de trigo ricas en grupos sulfhidrilo y grupos S-S tienen mejor calidad panaria. El papel de las reacciones de intercambio sulfhidrilo – disulfuro en el desarrollo de las masas viscoelásticas es aún poco conocido. (9)

Las diferencias en la calidad panadera de los diferentes cultivares de trigo puede estar relacionada con diferentes estructuras del gluten.

El gluten está formado por gliadinas y gluteninas. Hay cuatro grupos de gliadinas, llamados  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\omega$ . En el gluten, se encuentran en forma de polipéptidos de peso molecular oscilante entre 30.000 y 80.000 gr/mol.

Aunque las gliadinas contienen alrededor de un 2-3% de restos de semicistina, no parecen sufrir una polimerización abundante vía intercambios sulfhidrilo – disulfuro. Durante la fabricación de la masa, los



enlaces disulfuro parecen ser sólo intramoleculares. La masa formada con gliadinas y almidón es viscosa pero no viscoelástica.

Las gluteninas, por el contrario, son polipéptidos heterogéneos, con un peso molecular que oscila entre 12.000 y 130.000 gr/mol. Se clasifican en gluteninas de alto peso molecular (> 90.000, HMW) y de bajo peso molecular (< 90.000, LMW). En el gluten, estos polipéptidos de glutenina se encuentran formando polímeros, unidos por enlaces disulfuro, con pesos moleculares que llegan a alcanzar valores de varios millones.

Debido a su capacidad de polimerización, mediante reacciones de intercambio sulfhidrilo – disulfuro, las gluteninas contribuyen mucho a la elasticidad de la masa. Para formar una masa viscoelástica parece necesaria, por tanto, una relación óptima entre gliadinas y gluteninas.

Se ha demostrado una correlación positiva significativa entre contenido en glutenina HMW y calidad panaria, en algunas variedades de trigo, pero no de otras. La información disponible indica que el esquema específico de las asociaciones "de gluteninas LMW y HMW, formadas por enlaces disulfuro, en la estructura del gluten puede ser mucho más importante para la calidad panaria que la riqueza en estas proteínas. Por ejemplo, la asociación/polimerización entre gluteninas LMW genera una estructura similar a la formada por la gliadina HMW.

Este tipo de estructura contribuye a la viscosidad de la masa, pero no a su elasticidad. En cambio, si las gluteninas LMW se unen a gluteninas HMW vía enlaces disulfuro (en el gluten), entonces sí contribuyen a la elasticidad de la masa.

Es posible que en las variedades de trigo de buena calidad panaria puedan polimerizar más gluteninas LMW con gluteninas HMW, y que, en las variedades de trigo de mala calidad panaria, la mayor parte de las gluteninas LMW polimericen entre sí. Estas diferencias en los estados de asociación de las gluteninas en el gluten de diversas variedades de trigo pueden estar relacionadas con otras relativas a sus propiedades conformacionales, como hidrofobia superficial y reactividad de los grupos sulfhidrilo y disulfuro.

En resumen, al desarrollo de las singulares propiedades viscoelásticas de la masa de harina de trigo contribuyen los enlaces de hidrógeno entre grupos hidroxilo y amida, las interacciones hidrofóbicas y las reacciones de intercambio sulfhidrilo-disulfuro. Sin embargo, que todas estas interacciones determinen una buena calidad panaria depende de las propiedades estructurales de cada una de las proteínas y de cómo se asocien en la estructura global del gluten.

Como los polipéptidos del gluten, especialmente las gluteninas, son ricos en prolina, tienen poca estructura plegada. La estructura plegada inicial de las gliadinas y gluteninas, sea cual sea, se pierde durante el amasado, por lo que no se despliegan más durante el horneado.

La suplementación de la harina de trigo con albúmina y proteínas globulares afecta negativamente a las propiedades viscoelásticas y a la calidad panaria de la masa. Estas proteínas disminuyen el volumen del pan, interfiriendo con la formación de la red del gluten.

La adición de fosfolípidos u otros agentes tensioactivos a la masa contrarresta los efectos adversos de las proteínas extrañas sobre el

volumen de hogaza. En este caso, la película surfactante/proteína compensa los daños causados a la película de gluten. Aunque por este procedimiento se logra un volumen del pan aceptable, las propiedades texturales y sensoriales del pan son peores que las del pan ordinario.

#### **2.4.5 Grupos Disulfuro y Sulfhidrilo**

Un enlace puente disulfuro, o enlace SS son fuertes enlaces covalentes entre grupos thiol. Este enlace es muy importante en la estructura, plegamiento y función de las proteínas, cuando forma la cistina.

El grupo sulfhídrido de la cisteína es muy reactivo. La reacción más común de este grupo es una oxidación reversible que forma un disulfuro. La oxidación de dos moléculas de cisteína forma cistina, una molécula que contiene un enlace disulfuro. Cuando dos residuos de cisteína forman un enlace así, este se denomina puente disulfuro.

El enlace puede producirse en una única cadena para formar un anillo o entre dos cadenas separadas para formar un puente intermolecular. Los puentes disulfuro ayudan a estabilizar muchos polipéptidos y proteínas.

La cisteína es un aminoácido no esencial, sulfurado, que puede oxidarse dando el dímero cistina. Se sintetiza a partir de la metionina, que es un aminoácido esencial, por medio de dos reacciones: transmetilación, en la que la metionina se transforma en homocisteína y transulfuración, en la que la homocisteína pasa a ser cisteína.

#### **2.4.6 Panificación**

El pan, en sus múltiples formas, es uno de los alimentos más ampliamente consumidos por la humanidad. Tradicionalmente, el pan se elabora a partir de harina del cereal trigo. Muchos otros tipos de cereales e incluso legumbres pueden molerse para obtener «harina», pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa cohesiva que se transforma en pan queda corrientemente limitada al trigo y a otras pocas semillas de cereales de uso común. (18)

#### **2.4.7 Atributos de Calidad**

El producto al que llamamos pan es actualmente el resultado del desarrollo técnico progresivo y la mejora de los productos fermentados hechos a partir de trigo durante muchos milenios. Al igual que la mayoría, sí no todos los productos de la vida moderna, los procesos de panificación han progresado más en los últimos 50 años que en todos los siglos precedentes y todavía, porque es «el alimento más antiguo», evoca las más apasionadas discusiones acerca de su calidad, sabor y valor económico. (19)

La abundancia de variedades de pan deriva de las propiedades únicas que tienen las proteínas del trigo para formar gluten y de la ingenuidad para manipular las estructuras de ese gluten formado en la masa. La masa gomosa y su capacidad de deformarse, extenderse y recuperar la forma junto a los gases atrapados adquieren una crucial

importancia en la producción de pan y otros productos fermentados. De todos los cereales, el trigo es casi el único con esas propiedades. (12)

Se pueden imitar algunos de los atributos de los panes de trigo con productos hechos a partir de harina de otros cereales pero si se pretende alcanzar el volumen, las propiedades de la miga y el sabor y aroma que posee el pan procedente del trigo, entonces es necesario suplementar con proteína natural que se utilice con ingredientes estabilizantes del gas, independientemente de si éstos proceden de carbohidratos, proteínas o lípidos. (13)

Usamos el término «pan» para describir una variedad de productos de diferente forma, tamaño, textura, corteza, color, grado de firmeza, sabor y aroma y calidad sensorial. (18)

Las características de tales productos son diversas y, por ello, no tienen sentido los términos de calidad «buena» o «mala», excepto para el juicio de un atributo en particular. Una baguette no es una baguette si no tiene una corteza crujiente, mientras que esa condición sería inaceptable en el típico pan norteamericano. (18)

La pérdida de frescura del producto es otra característica del mismo que se espera sea acorde con el tiempo que ha pasado desde que se procesa. Cualquier criterio que se utilice para juzgar el «envejecimiento» del pan, es inequívoco, ya que el requisito más simple y común de los productos fermentados es que retenga todos los atributos que poseía cuando abandonó el horno. (18)

La pretensión de que los productos de panadería retengan la frescura que posee el producto recién horneado durante un amplio período después de dejar el horno ha sido uno de los grandes desafíos con que se han enfrentado los panaderos, tecnólogos y científicos durante muchos años. (18)

Para poder elaborar nuestro pan típico se debe tener un conocimiento de las complejas interacciones entre las materias primas y los métodos que utilizamos en el proceso de transformación desde los ingredientes hasta el producto horneado. (18)

Las materias primas que disponemos variarán y los procesos son dependientes del tiempo y de la temperatura. Debido a la intrincada naturaleza del proceso, sería una sorpresa que controlásemos totalmente el proceso de panificación; lo hacemos porque hemos acumulado conocimiento destreza a lo largo del tiempo que ha venido a enriquecerse con el avance científico y el desarrollo tecnológico. (19)

#### **2.4.8 Características del Pan**

El pan requiere harina de trigo y agua para formar un gluten que atrape el gas generado por las levaduras adicionadas. Además, es necesario otro ingrediente, la sal, que se añade para potenciar el sabor del producto horneado. (5)

Esto no quiere decir que la harina y el agua cuando se mezclan y hornean, con o sin levadura, no tenga sabor, ya que la panificación desarrolla compuestos del sabor y aroma en la corteza y la acción de las

bacterias naturales y de las levaduras silvestres pueden también originar sabores y aromas en la miga del pan. (5)

Se puede argumentar que las características del pan podría basarse en los ingredientes que se utilizan. Para muchos, la diferencia esencial entre pan y otros productos horneados. (7)

El otro ingrediente presente normalmente en una proporción relativamente elevada en tartas, bollos y galletas es la grasa. La mayoría de los panes contienen menor cantidad de grasa que las tartas.

La realidad es que no se puede ofrecer una definición concisa de pan porque se caracteriza por todos los ingredientes que se utiliza para fabricarlo. Un importante suceso en la elaboración de pan es la formación de gluten, un fenómeno que no ocurre en las tartas y, de hecho, se impide por la adición de azúcar y, en menor extensión, de grasa. (18)

Casi todas las galletas y bollos tienen una capacidad limitada para formar gluten en comparación con la mayoría de los productos de panadería. En los productos laminados, sin embargo, se facilita la formación de gluten y ha desarrollado unas técnicas particulares de preparar las láminas que permiten la incorporación de grasa para conseguir una modificación de la textura y de la calidad sensorial pero sin que, al tiempo, se produzca una gran desorganización del gluten. (5)

Al buscar una definición de pan no se debe subestimar la contribución del agua. Su adición en las cantidades «correctas» es esencial para la formación del gluten y para modificar la reología de la masa. El

nivel de humedad residual en el producto horneado adquiere, igualmente, importancia en la contribución a las características del pan. (5)

La adición de agua en exceso o demasiado poca durante el amasado implica que no se pueda lograr la calidad «idónea» del gluten que permita atrapar los gases procedentes de la fermentación.

La presencia de agua de concentraciones demasiado bajas en el producto horneado implica una calidad sensorial (palatabilidad) más cercana a la de las pastas y galletas. (18)

Las características del pan y otros productos fermentados dependen poderosamente, pues, de la formación de la red de gluten en la masa, no sólo para atrapar el gas procedente de la fermentación sino también porque contribuye directamente a la formación de una estructura alveolar en la miga que, tras el horneado, confiere una textura y palatabilidad diferente a la de otros productos horneados. (5)

La estructura de la miga en la mayoría de los panes horneados deducirá que el factor común de todas las variedades es la formación de alveolos de diferentes forma, tamaño y distribución; cada alveolo está rodeada por una red de hebras conectadas entre sí, gluten coagulado, en la que los gránulos de almidón y las partículas de salvado están firmemente incrustados.

Esta miga se deforma cuando se expone a la presión de los dedos y cuando esa fuerza cesa, retorna a su forma original, al menos si el producto está fresco. (18)



Esta combinación de miga con estructura alveolar y la capacidad de recuperación después de una compresión marcan una clara distinción entre los panes y otros productos horneados. (5)

#### **2.4.9 Sabor y Aroma del Pan**

El desarrollo del sabor y aroma en los productos fermentados procede de un buen número de fuentes diferentes; entre ellas se puede citar la contribución de los ingredientes y la de los métodos de panificación que se utilicen. Muchos de los ingredientes que se usan en la fabricación de productos fermentados contribuyen significativamente al sabor y aroma de los mismos. (18)

La harina tiende a tener un sabor bastante suave derivado principalmente del aceite del germen (embrión) y de las partículas de salvado presente.

De acuerdo con esto, se puede esperar que la harina integral, el trigo integral y el salvado y las harinas blancas enriquecidas con germen proporcionen un pan con más sabor que el preparado a partir de harina blanca. (13)

En el mundo, la panificación ha utilizado muchas fórmulas de masas que han incluido distintos ingredientes para conferir sabores especiales que, actualmente, se han convertido en algo esencial que caracteriza al producto. (5)

La adición de sal (cloruro sódico) al pan es el modificador del sabor más evidente, por una parte, su característico sabor «salado» y, por otra,

contribuyendo a la potenciación de otros sabores. Los niveles de sal varían en muchos productos, lo que repercutirá en nuestra percepción del sabor en los mismos. (18)

Otras de las adiciones normales incluyen grasa, azúcar, leche y productos de la malta, los cuales contribuyen al sabor de forma específica. La concentración de levadura utilizada en la receta participa también de forma peculiar en el sabor del pan. (7)

Durante los procesos de fermentación natural en la panificación se generan en la masa nuevos componentes del sabor y aroma. La intensidad de los mismos se modifica al aumentar el tiempo de fermentación. Los cambios más comunes que se aprecian en el sabor y aroma son los asociados con el desarrollo de ácidos derivados de la actividad microbiana en la masa, los cuales se detectan nítidamente en las migas. (12)

No todos los cambios en el sabor y aroma provienen de las levaduras panarias; algunos proceden de levaduras silvestres y de bacterias, especialmente bacterias lácticas, que están presentes de forma natural en la harina. (7)

Habitualmente, se requieren varias horas de fermentación antes de que se produzcan cambios significativos en el perfil aromático de la miga. Cuando el método de panificación que se utilice no tiene previsto un tiempo de fermentación largo, con frecuencia se prepara un «prefermento», «preparación líquida» o «esponja» para desarrollar el sabor, el cual se mezcla más tarde con el resto de los ingredientes formándose así la masa final. (7)

La contribución más importante al sabor del pan procede de la operación de horneado. Es el tratamiento térmico aplicado en esta fase el responsable de las múltiples modificaciones que sufren los componentes del sabor. (9)

Unos, ya existentes, se pierden y muchos otros, nuevos, se forman. Se puede apreciar claramente este fenómeno en la formación de la corteza oscura, la mayoría de las veces de color pardo, en las superficies más externas de la masa. (9)

Estos cambios están asociados a un complejo fenómeno habitualmente conocido como «pardeamiento de Maillard». Muchos de los compuestos que se forman poseen un sabor, los cuales adquieren una gran importancia en el sabor que percibimos en muchos productos horneados, hasta tal punto que algunas estimaciones indican que hasta un 80% del sabor del pan deriva de la corteza del mismo. (14)

La percepción del sabor en el pan no es, pues, una simple apreciación; se verá afectado, por ejemplo, por la relación entre corteza y miga, el desarrollo de los compuestos del pardeamiento de Maillard durante la formación de la corteza. (3)

#### **2.4.10 Calidad Nutritiva del Pan**

El pan y otros productos de cereales se han convertido en alimentos básicos en todo el mundo y se consideran actualmente como una parte integral de modernas dietas. La calidad nutritiva de los cereales está bien establecida y la mayor parte de la ingesta de estos productos proviene de alimentos derivados del trigo. (19)

Aunque se producen algunos cambios en el valor nutritivo como resultado de la molienda y de los procesos de panificación, los panes elaborados a partir de trigo son una buena fuente de proteínas, carbohidratos complejos (principalmente almidón), fibra, vitaminas y minerales. (18)

Las contribuciones nutricionales mayores son las de los panes fabricados con harina integral dado que el 100% del grano se convierte en harina. En las harinas blancas poco extraídas, parte del salvado y componentes del germen se separan del grano, modificándose la calidad nutritiva global del producto resultante. A pesar de ello, los panes blancos continúan haciendo una importante contribución a la dieta. (16)

Debido al importante papel que los productos de panadería desempeñan en la dieta, en muchos países, se ha convertido en una práctica normal enriquecer la harina blanca y otros tipos de harina con nutrientes añadidos intencionadamente. Este enriquecimiento comprende normalmente la adición de calcio, algunas de las vitaminas esenciales y una forma asimilable de hierro, aunque también pueden añadirse otras sustancias. (13)

Otros ingredientes que se utilizan en las distintas fórmulas de panificación también pueden hacer aportaciones de carácter nutritivo. En algunos casos, como la grasa y, en menor extensión, el azúcar no puede considerarse que aumenten el valor nutritivo del producto dado que en la mayoría de ellos se añaden en cantidades muy modestas, por lo que la contribución nutritiva es muy pequeña. (5)

En algunas partes se ha aconsejado disminuir los niveles de sodio, pero el sodio procede fundamentalmente de la adición de sal (cloruro sódico) cuya finalidad es potenciar el sabor del pan. (18)

## **2.5 HIPOTESIS**

### **2.5.1 Hipótesis de la Investigación**

La caracterización funcional de proteínas de cereales y tubérculos permitirá su uso en panificación y pastas

### **2.5.2 Hipótesis Estadística**

#### **2.5.2.1 Hipótesis Nula**

Las muestras resultantes producto de la correlación de los factores de estudio presentan las mismas características físico-químicas y funcionales en las respuestas experimentales.

#### **2.5.2.2 Hipótesis Alternativa**

Las muestras resultantes producto de la correlación de los factores de estudio presentan diferentes características físico-químicas y funcionales en las respuestas experimentales.

## **2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

Adecuado uso en panificación y pastas

### **2.6.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Desconocimiento de Propiedades Funcionales de Proteínas

## **CAPITULO III**

### **LA METODOLOGÍA**

#### **3.1 ENFOQUE**

El presente estudio recoge información de carácter predominantemente cuantitativo, debido a las metodologías analíticas planteadas para la determinación de las características físico-químicas de los tratamientos en estudio. El estudio de las propiedades funcionales de las proteínas de la harinas en proceso de fabricación de pan y pastas se correlacionan directamente permitiendo emitir criterios de calidad.

#### **3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN**

Las modalidades de investigación en las que se enmarca la presente investigación serán Experimental y Bibliográfica.

**Experimental.-** La investigación permitirá el conocimiento de las propiedades funcionales de harinas de cereales y tubérculos nacionales con una comparación con las de la harina de trigo importado, mediante la recopilación de información obtenida del análisis de la caracterización físico – química de cada una de las muestras.

**Bibliográfica.-** Se aportará con información relevante que complementará a la reportada bibliográficamente respecto a las propiedades funcionales que deben tener las proteínas para la fabricación de pan y pastas.

### 3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la realización del Proyecto se utilizará siguientes tipos de investigación:

**Exploratorio:** Se estudiará las propiedades funcionales de las proteínas de harinas de cereales y tubérculos, mediante la determinación de las características físico – químicas, que se traduce en el uso en panificación y pastas, en base a la aplicación de diferentes métodos analíticos.

**Descriptivo:** Se caracterizará las muestras de harinas de cereales y tubérculos mediante el uso de diferentes técnicas de análisis, tanto químicas como físicas e hidrodinámicas, lo que permitirán obtener datos confiables sobre las propiedades funcionales.



## **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1 Población**

Para el proyecto de investigación se tiene como poblaciones cereales nacionales como el maíz, trigo, quinua y cebada incluyendo a un tubérculo nacional como la papa y dos tipos de trigo importado.

### **3.4.2 Muestra**

De toda la población de cereales y tubérculos nacionales, y trigo importado se ha seleccionado:

#### **Harina de Trigo importado:**

- Canadian Wheat Red Spring #1
- Hard Red Winter

#### **Harina de Cereales y Tubérculo Nacionales**

- Maíz I – 122
- Cebada Cañicapa
- Quinua Tuncahuan
- Trigo Cojitambo.
- Papa Gabriela.

### **3.4.3 Diseño Experimental:**

El presente trabajo responderá a un diseño experimental de un solo factor completamente aleatorizado, donde se establece una comparación entre la muestra de harina de trigo importado CWRS #1 (testigo) con las

muestras provenientes de harinas de trigo importado Hard Red Winter y Harinas de Cereales Nacionales (maíz, cebada, trigo, quinua) y papa variedad Gabriela.

El modelo matemático aplicable en este experimento es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$\mu$  = Efecto global (atribuible al experimento)

$\tau$  = Efecto del tratamiento

$\varepsilon$  = Efecto aleatorio

$j = 1 \dots k$  (niveles del factor de estudio)

$i = 1 \dots n$  (observaciones)

El factor de estudio en este proyecto de investigación es: el tipo de harina a analizarse.

Se detalla a continuación, los tratamientos que se aplicará en el experimento; ya que se desea establecer las propiedades funcionales de proteínas semejantes al testigo (Harina de trigo Canadian Wheat Red Spring)

**Experimento – Factor de Estudio:** Tipo de Harina

**CWRS:** Harina de Trigo Fuerte (testigo o control)

**HRW:** Harina de Trigo Débil (Hard Red Winter)

**T<sub>N</sub>:** Harina de Trigo Cojitambo

**M<sub>N</sub>**: Harina de Maíz I – 122

**C<sub>N</sub>**: Harina de Cebada Cañicapa

**Q<sub>N</sub>**: Harina de Quinoa Tuncahuan

**P<sub>N</sub>**: Harina de Papa Gabriela

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

#### 3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: Desconocimiento de Propiedades Funcionales de Proteínas

CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM BASICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Las propiedades funcionales de las proteínas pueden considerarse como una manifestación de dos aspectos moleculares de las proteínas: propiedades físico – químicas e hidrodinámicas definiendo el grado de desnaturalización y condiciones de procesado.	-Propiedades Físico – químicas	Humedad Fibra Cruda Grasa Ceniza Proteína Carbohidratos Totales Porcentaje de Gluten Estabilidad de Geles Absorción de agua Perfil de aminoácidos Enlaces Disulfuro y sulfhidrilo Sedimentación Capacidad de Retención de Solventes	¿Estos análisis son respaldados por la fundamentación legal? ¿Estos análisis nos permitirán conocer las propiedades funcionales y estructurales de las proteínas de las harinas? ¿Las proteínas de las harinas serán adecuadas para su uso en panificación y pastas?	Método AOAC CFEP (CYTED) CFEP (CYTED) Método Shimadzu CFEP (CYTED) Método Thannhausser Método 56 – 61 A, AACC Método 56-11, AACC

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE:** Adecuado uso en panificación y pastas.

CONCEPTUALIZACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM BASICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La elaboración del pan se hace con masas que es cultivo de levaduras que crecen de manera espontánea en los cereales.</p> <p>Proporcionando propiedades viscoelásticas y físicos químicas que dependerá de la calidad y cantidad de proteínas de la materia prima.</p>	<p>Propiedades viscoelásticas.</p>	<p>Volumen</p> <p>Propiedades Sensoriales</p> <p>Aspecto y color de la miga</p>	<p>¿Las muestras de harina de cereales y tubérculo enriquecerán la calidad y cantidad de proteínas?</p> <p>¿El perfil de aminoácidos proporcionados serán los adecuados para la fabricación de pan y fideos?</p> <p>¿El uso de las muestras de harinas proporcionará los parámetros de calidad establecidos para el pan y las pastas?</p>	<p>NTN – INEN</p> <p>530</p>

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

### **3.6 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Los datos se recolectarán de manera individual para cada uno de los análisis donde se probará las hipótesis y contraste propuestos, los primeros datos a tomarse será el análisis proximal y proteico donde se determinará los siguientes análisis en las harinas tanto de cereales y tubérculos nacionales como en el trigo importado son: Porcentaje de gluten, Absorción de agua, Estabilidad de geles, Perfil de aminoácidos, Sedimentación, Capacidad de retención de solvente y la determinación de grupos disulfuro y sulfhidrilo lo que permitirá conocer que proteína es mas estable y puede ser utilizada en panificación y pastas.

### **3.7 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

#### **Procedimiento**

- Se realizará una revisión de la información recogida
- Repetición de la recolección, solo de ser necesario en casos individuales, para corregir fallas de contestación.
- Tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis: manejo de información, estudio estadístico de datos para presentación de resultados.
- Los ensayos se realizaran por triplicado para todas las muestras de harina, para lo cual se utilizará la tabla de Anova y la prueba Tukey para determinar el mejor tratamiento mediante el programa de Statgraphics
- Representaciones gráficas.

## **Análisis e Interpretación de resultados**

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.
- Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

Los datos que se obtengan en este estudio se interpretarán mediante análisis estadísticos que serán procesados en el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS 7 el cual es un programa que permite realizar cálculos complejos, tiene gráficos que permiten un mejor análisis, consta de diseños estadísticos, permite analizar información trabajando con Gráficos y Opciones de los Gráficos, realiza análisis de regresión avanzada, permite ver el grado de distribución de los datos, análisis de hipótesis nula y alternativa puede analizar hasta 300 datos en hojas de cálculo e imprimir tanto los datos como resultados.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Desde la Tabla #1 hasta la #42 podremos observar los datos obtenidos de los siguientes análisis: Análisis Bromatológico, Perfil de Aminoácidos, Porcentaje de Gluten, Volumen de Sedimentación, Perfil de Capacidad de Retención de Solventes, Estabilidad de Geles, Absorción de Agua y la Determinación de Grupos Disulfuro y Sulfhidrilo.

**Tabla 1. Detalle del Diseño Experimental y Simbología**

<b>Tratamiento</b>	<b>Simbología</b>	<b>Detalle</b>
1	CWRS	Harina de Trigo Fuerte (testigo o control)
2	HRW	Harina de Trigo Débil (Hard Red Winter)
3	T <sub>N</sub>	Harina de Trigo Cojitambo
4	C <sub>N</sub>	Harina de Cebada Cañicapa
5	M <sub>N</sub>	Harina de Maíz I – 122
6	Q <sub>N</sub>	Harina de Quinoa Tuncahuan
7	P <sub>N</sub>	Harina de Papa Gabriela

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

#### 4.1.1 Análisis Bromatológico

**Tabla 2. Análisis Bromatológico de las Muestras de Harinas, porcentaje en Base Seca**

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Fibra	Proteína	Grasa	Carbohidratos
CWRS	12,08	0,73	0,57	15,33	1,54	81,84
HRW	11,55	0,70	0,62	14,27	1,06	83,35
T <sub>N</sub>	12,73	0,92	1,11	9,10	1,29	87,58
C <sub>N</sub>	12,83	1,42	0,70	10,24	2,17	85,47
M <sub>N</sub>	9,07	1,59	2,60	7,68	4,50	83,64
Q <sub>N</sub>	11,65	2,55	2,00	16,63	8,43	70,39
P <sub>N</sub>	10,23	4,38	1,66	8,40	0,90	84,66

**Fuente:** INIAP, 2009, Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 2, El análisis bromatológico de las diferentes muestras de harinas de cereales y tubérculo expresados en base seca, en donde se observa que el contenido de ceniza de las muestras, el mismo que esta relacionado directamente con el proceso de molienda y el grado de extracción, podemos observar que los procesos de purificación realizados a las muestras de trigo, cebada y maíz fueron más eficientes que en la quinoa, debido al tamaño del grano, atribuyendo además estos porcentajes a impurezas que no pudieron ser eliminadas en dicho proceso.

La cantidad de fibra en las muestras se debe al mesh que se utilizo para cada una, podemos observar que en las muestras de trigo y cebada se pudo obtener una harina flor ya que la mayor parte de fibra fue eliminada en el tamizado, por el contenido de grasa de la harina de maíz el tamizado se realizo apenas en un mesh 20, obteniendo una harina integral, a pesar



de utilizar el mesh 150 para la harina de quinua no se logro obtener una harina flor, debiéndose directamente al tamaño del grano.

El contenido de fibra para la harina de trigo con un porcentaje de extracción de 75%, debe encontrarse aproximadamente en un 3%, para las muestras de harinas de trigo y cebada observamos que los valores obtenidos en cuanto a fibra son bajos ya que el mesh utilizado fue más fino y teniendo en cuenta que el grado de extracción fue menor.

En cuanto a la proteína de las muestras de harinas de cereales y tubérculo, el porcentaje mayor lo presenta la harina de quinua. La muestra de harina de maíz presenta el menor contenido de proteína esto es ya que el maíz es un cereal que tiene principalmente carbohidratos.

Para las harinas de trigo y cebada podemos observar que el tratamiento  $T_N$  (harina de trigo cojitambo) presenta menor porcentaje de proteína con respecto a las dos muestras de harina de trigo, la muestra de harina de cebada presenta muy buen porcentaje de proteína. Para las harinas de trigo es muy importante este porcentaje, ya que de ello depende la cantidad del gluten que es el elemento más importante en la producción de pan y pastas alimenticias. El contenido de proteína varía desde cerca de 6% hasta un 20% dependiendo en parte de la variedad y clase de trigo y también de los factores ambientales durante el desarrollo del grano.

Según Stanley (2002), el extracto etéreo de la harina de trigo parece tener poca influencia en los procesos de obtención de pan y pastas, y su contenido no afecta las características reológicas de masas que puedan formarse. Pero en las harinas de maíz y quinua se debe tener cuidado con

el contenido de grasa combinado con las condiciones de almacenamiento podrían causar una oxidación de la harina

Los datos sobre el contenido de grasa que se obtuvieron en la harina de maíz son bajos teniendo en cuenta que el grano no fue desgerminado para el proceso de molienda, Watson (1987), registra valores del 34% en contenido de grasa en harina de maíz no desgerminada. Por otro lado la harina de quinua presenta valores superiores a los de la harina de maíz encontrándose fuera de los rangos que se establecen en bibliografía ya que el contenido de grasa no debe ser superior al 4.1%. Estas variaciones se deben al proceso de molienda a la que fueron sometidos los granos.

En cuanto al contenido de humedad en las muestras de harinas de cereales y tubérculo, se encuentra dentro de los parámetros establecidos para evitar algún tipo de contaminación o alteración.

#### 4.1.2 Perfil de Aminoácidos

**Tabla 3. Composición de Aminoácidos en g/100g de harina en Base Seca**

% Aminoácidos	CWRS	HRW	T <sub>N</sub>	C <sub>N</sub>	M <sub>N</sub>	Q <sub>N</sub>	P <sub>N</sub>
Ácido aspártico	0,61	0,60	0,46	0,55	0,51	1,31	1,50
Treonina	0,40	0,38	0,26	0,32	0,25	0,51	0,30
Serina	0,68	0,67	0,42	0,40	0,34	0,60	0,30
Ácido glutámico	8,02	7,21	3,77	3,35	1,56	2,64	2,06
Prolina	1,69	1,55	0,96	1,14	0,63	0,53	0,29
Glicina	0,56	0,53	0,38	0,38	0,27	0,95	0,28

Alanina	0,44	0,42	0,34	0,36	0,60	0,70	0,30
Cistina	0,23	0,21	0,11	0,14	0,10	0,14	0,06
Valina	0,60	0,58	0,40	0,48	0,35	0,68	0,42
Metionina	0,17	0,12	0,08	0,10	0,10	0,17	0,06
Isoleucina	0,50	0,51	0,32	0,33	0,23	0,53	0,30
Leucina	1,02	0,98	0,61	0,69	0,82	0,92	0,52
Tirosina	0,40	0,40	0,26	0,31	0,25	0,42	0,28
Fenilalanina	0,74	0,69	0,45	0,54	0,35	0,65	0,33
Histidina	0,38	0,36	0,25	0,25	0,26	0,50	0,17
Lisina	0,32	0,32	0,24	0,29	0,23	0,80	0,41
Arginina	1,31	0,98	0,73	0,83	0,51	2,13	0,57

Fuente: INIAP, 2009, Proyecto "Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos" – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 3. Se presenta la composición de aminoácidos que fue determinado por cromatografía líquida de alta presión, donde se identifica 17 aminoácidos de los 20 presentes en las proteínas.

**Tabla 4. Composición de Aminoácidos en g/100g de Proteína**

% Aminoácidos	CWRS	HRW	T <sub>N</sub>	C <sub>N</sub>	M <sub>N</sub>	Q <sub>N</sub>	P <sub>N</sub>
Ácido aspártico	3,98	4,20	5,05	5,37	6,64	7,88	17,86
Treonina	2,61	2,66	2,86	3,13	3,26	3,07	3,57
Serina	4,44	4,70	4,62	3,91	4,43	3,61	3,57
Ácido glutámico	52,32	50,53	41,43	32,71	20,31	15,87	24,52
Prolina	11,02	10,86	10,55	11,13	8,20	3,19	3,45
Glicina	3,65	3,71	4,18	3,71	3,52	5,71	3,33
Alanina	2,87	2,94	3,74	3,52	7,81	4,21	3,57
Cistina	1,50	1,47	1,21	1,37	1,30	0,84	0,71

Valina	3,91	4,06	4,40	4,69	4,56	4,09	5,00
Metionina	1,11	0,84	0,88	0,98	1,30	1,02	0,71
Isoleucina	3,26	3,57	3,52	3,22	2,99	3,19	3,57
Leucina	6,65	6,87	6,70	6,74	10,68	5,53	6,19
Tirosina	2,61	2,80	2,86	3,03	3,26	2,53	3,33
Fenilalanina	4,83	4,84	4,95	5,27	4,56	3,91	3,93
Histidina	2,48	2,52	2,75	2,44	3,39	3,01	2,02
Lisina	2,09	2,24	2,64	2,83	2,99	4,81	4,88
Arginina	8,55	6,87	8,02	8,11	6,64	12,81	6,79

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 4. Se encuentran calculado gr. Aminoácido / 100 gr. De proteína.

Según Stanley (2002), las proteínas del trigo son especiales en cuanto a su composición en aminoácidos, y esto puede ser comprobado al comparar el contenido de cada uno de los aminoácidos determinados con las demás muestras de harinas de otros cereales y tubérculo, cerca de un tercio de la proteína son de ácido glutámico, el que se encuentra casi completamente en forma de glutamina.

El contenido en aminoácidos con residuos básicos (arginina, lisina e histidina) es relativamente bajo, mientras los aminoácidos con residuos carboxilo (ácido aspártico) es menor.

Las muestras de harina de trigo y cebada tienen un mayor contenido de prolina que el habitual al compararlas con las otras muestras de harinas, este aminoácido favorece a la formación de estructuras similares a la red de gluten y para que establezcan las interacciones

hidrofólicas entre las cadenas de proteínas., necesarias para la producción de pan y pastas, dándonos ya una pauta para que las mejores muestras para el proceso de elaboración de estos alimentos sean estas harinas.

El contenido de ácido glutámico en todas las muestras de harina se encuentra en niveles considerables, para la elaboración de pan y pastas es necesario que este se encuentre en un 38 al 56 % en forma de glutamina.

Las muestras de harina de cereales, presentan también un alto contenido de cistina excepto la muestra de harina de papa, la cual es muy importante ya que esta aporta con enlaces sulfhidrilo y disulfuro los mismos que mejoran la reología de las masas panarias y de fideos.

El valor biológico de las proteínas depende fundamentalmente de la composición en aminoácidos indispensables.

El valor biológico de una proteína no es constante y depende de una serie de variables como: la especie, edad y estado fisiológico. Además de considerar dos aspectos importantes como el contenido de aminoácidos esenciales y la digestibilidad de los mismos.

**Tabla 5. Comparación de Perfiles de Aminoácidos Esenciales (g/100 g de proteína)**

Patrón de Aminoácidos para niños > 1 año y adultos*		CWRS	HRW	T <sub>N</sub>	C <sub>N</sub>	M <sub>N</sub>	Q <sub>N</sub>	P <sub>N</sub>
Histidina	1,8	2,48	2,52	2,75	2,44	3,39	3,01	2,02
Isoleucina	2,5	3,26	3,57	3,52	3,22	2,99	3,19	3,57
Leucina	5,5	6,65	6,87	6,70	6,74	10,68	5,53	6,19
Lisina	5,1	2,09	2,24	2,64	2,83	2,99	4,81	4,88
Metionina+Cistina	2,5	2,61	2,31	2,09	2,34	2,60	1,86	1,43
Fenilalanina+Tirosina	4,7	7,44	7,64	7,80	8,30	7,81	6,43	7,26

Treonina	2,7	2,61	2,66	2,86	3,13	3,26	3,07	3,57
Valina	3,2	3,91	4,06	4,40	4,69	4,56	4,09	5,00
Triptófano	3,2	-	-	-	-	-	-	-

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

\*Institute of Medicine, National Academy of Science, 2002

En la Tabla 5. Se presenta la relación entre los aminoácidos esenciales de las harinas de cereales y tubérculo con el Patrón del Institute of Medicine, National Academy of Science para niños >1 y adultos.

El contenido de Leucina de todas las muestras de harinas de cereales y tubérculo es elevado, este contenido cubre con los requerimientos que establece el Institute of Medicine, National Academy of Science en cuanto al consumo de este aminoácido esencial.

Todas las muestras presentan un alto contenido de fenilalanina + tirosina sobre todo la muestra de harina de trigo Cojitambo que es rica en este aminoácido esencial.

**Tabla 6. Aminoácidos Esenciales en las Harinas comparadas con el Patrón del Institute of Medicine, National Academy of Science**

<b>Patrón de Aminoácidos para niños &gt; 1 año y adultos</b>		<b>CWRS</b>	<b>HRW</b>	<b>T<sub>N</sub></b>	<b>C<sub>N</sub></b>	<b>M<sub>N</sub></b>	<b>Q<sub>N</sub></b>	<b>P<sub>N</sub></b>
Histidina	1,8	137,71	140,15	152,63	135,63	188,08	167,03	112,43
Isoleucina	2,5	130,46	142,96	140,66	128,91	119,79	127,48	142,86
Leucina	5,5	120,97	124,86	121,88	122,51	194,13	100,58	112,55
Lisina	5,1	40,93*	43,97*	51,71*	55,53*	58,72*	94,33**	95,70**
Metionina+Cistina	2,5	104,37	92,50**	83,52**	93,75**	104,17	74,56*	57,14*
Fenilalanina+Tirosina	4,7	158,22	162,52	166,00	176,61	166,22	136,90	154,51

Treonina	2,7	96,64**	98,63**	105,82	115,74	120,56	113,58	132,28
Valina	3,2	122,31	127,01	137,36	146,48	142,42	127,78	156,25
Triptofano	3,2	-	-	-	-	-	-	-

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**Fuente:** M.M Suarez, A. Kislansky y L. B. López

\*: Aminoácido Limitante; \*\*: Aminoácido Deficitario

En la Tabla 6. Se presentan los aminoácidos esenciales deficitarios y los limitantes. Siendo el aminoácido limitante la lisina en las muestras de harinas de trigo, cebada y maíz, mientras que en la harina de quinua y papa se presenta como deficitario.

La metionina + cistina se presenta como aminoácido deficitario en las muestras de harina de trigo HRW, trigo cojitambo (nacional) y la harina de cebada, mientras que en las harinas de quinua y papa es un aminoácido limitante.

Para las muestras de harina de trigo importado tanto la CWRS#1 como la HRW, presentan como aminoácido deficitario a la treonina, en el caso de las harinas de cereales y tubérculo nacionales este se encuentra dentro de los parámetros que establece el Institute of Medicine, National Academy of Science.

#### 4.1.3 Porcentaje de Gluten Húmedo y Seco

**Tabla 7. Porcentaje de Gluten Húmedo de las Muestras de Harina de Trigo**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de trigo CWRS # 1	29,9	29,9	29,6	29,8
Harina de trigo Hard Red Winter	28,6	28,4	28,5	28,5
Harina de trigo Cojitambo	15,1	15,5	15,6	15,4

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En las tablas 7, 8: podemos observar la diferencia en el porcentaje de gluten de las muestras de harinas de trigo importado (CWRS#1 y Hard Red Winter) con la harina de trigo nacional (Cojitambo), presentando el trigo nacional un valor igual a la mitad del presentado por el importado, estos datos pueden ser corroborados con el porcentaje de proteína presentado en la Tabla 2.

**Tabla 8. Porcentaje de Gluten Seco de las muestras de Harina de Trigo**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de trigo CWRS # 1	11,8	11,3	12,1	11,7
Harina de trigo Hard Red Winter	11,1	11,4	11,1	11,2
Harina de trigo Cojitambo	6,1	7,1	6,6	6,6

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Según Badui (1999), el gluten en su conjunto tiene una composición de aminoácidos de aproximadamente 6% ionizables, 45% polares y 49% apolares; se caracteriza por su elevado contenido de prolina y de



glutamina (ácido glutámico) (14% y 37%, respectivamente, del total de aminoácidos).

Los valores de porcentaje de gluten de la harina de trigo nacional Cojitambo se debe que posee menor cantidad proteínas por tanto menor cantidad de glutaminas (ácido glutámico) y prolaminas (prolina), responsables de la formación de la glutenina y la gliadina, respectivamente, proteínas responsables de la formación de gluten.

Las prolaminas son responsables de la viscosidad y extensibilidad, y las gluteninas de las características elásticas del gluten. Ya que se encuentran en una fracción proteica de 69 y 16 gr./100 gr. de proteína, respectivamente.

En el caso del trigo nacional Cojitambo que tiene un exceso de gliadina (prolina) en relación a las gluteninas, el gluten es débil, permeable y no es capaz de retener el CO<sub>2</sub> por lo tanto la masa en lugar de endurecerse colapsa.

Un contenido de gluten menor al 20% da como resultado un deterioro de la masa durante el amasado y la cocción. (26) Por lo que la harina de trigo nacional no nos daría buenos resultados en panificación, ya que no sería capaz de sostener la red de gluten pero realizando una sustitución en un porcentaje en la harina de trigo importado reforzaría a las gliadinas, teniendo como resultado un mejor volumen en el pan.

**Tabla 9. Análisis de Varianza para el Porcentaje de Gluten Húmedo**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	380,66	2	190,33	5190,82	0,0000
Residuo	0,22	6	0,0366667		
Total	380,88	8			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Al realizar el Análisis de Varianza para del Porcentaje de Gluten Húmedo con un 95% de nivel de confianza se determinó de la Tabla 9., que existe significancia en los tratamientos o en las muestras de harina de trigo.

**Tabla 10. Prueba de Tukey para el Porcentaje de Gluten Húmedo**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	15,4	c
2	3	28,5	b
1	3	29,8	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo HRW, **3:** Harina de Trigo Cojitambo

Según la Tabla 10 se puede apreciar que el tratamiento que presenta mayor contenido de gluten es el 1 (harina de trigo CWRS #1: Patrón). Mientras que el resto de tratamientos presentan diferencias significativas con respecto al patrón (harina de trigo CWRS #1).

**Tabla 11. Análisis de Varianza para el Porcentaje de Gluten Seco**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	47,7956	2	23,8978	161,71	0,0000
Residuo	0,886667	6	0,147778		
Total	48,6822	8			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 11. Al establecer el Análisis de Varianza para el Porcentaje de Gluten Seco con un 95% de nivel de confianza se determinó que existe significancia en los tratamientos.

**Tabla 12. Prueba de Tukey para el Porcentaje de Gluten Seco**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	6,6	b
2	3	11,2	a
1	3	11,7333	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

1: Harina de Trigo CWRS #1, 2: Harina de Trigo HRW, 3: Harina de Trigo Cojitambo

De acuerdo a la Tabla 12, nos podemos dar cuenta que el tratamiento 1 y 2 (harinas de trigo importado) no presentan diferencia significativa, además que el tratamiento 2 (harina de trigo Hard Red Winter) es igual al patrón (harina de trigo CWRS #1), mientras que el tratamiento 3 (harina de trigo cojitambo) presenta diferencia significativa con el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1), que es el patrón que se utilizó para la determinación de este análisis.

#### 4.1.4 Volumen de Sedimentación

Un parámetro asociado con la calidad de la proteína del trigo es el volumen de sedimentación que determina la capacidad de hidratación y expansión de la proteína del gluten en un medio ligeramente ácido.

**Tabla 13. Volumen de Sedimentación (ml)**

<b>Muestra</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Promedio</b>
Harina de trigo CWRS # 1	29,40	28,42	28,42	28,7
Harina de trigo Hard Red Winter	27,72	27,72	27,72	27,7
Harina de trigo Cojitambo	6,47	6,37	6,37	6,4
Harina de cebada Cañicapa	20,58	20,58	19,60	20,3
Harina de maíz I – 122	15,84	14,85	15,35	15,3
Harina de quinua Tuncahuan	71,69	71,69	72,76	72,0
Harina de papa Gabriela	40,17	40,17	40,17	40,2

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

De acuerdo a la tabla 13.; podemos observar el volumen de sedimentación, el índice de sedimentación consiste en medir el volumen de las partículas que se sedimentan (principalmente proteínas hinchadas que han absorbido agua) en una solución ácida de agua y ácido láctico. El volumen de sedimentación está condicionado por la cantidad y la calidad de proteínas, que al ser desnaturalizadas por el ácido láctico, la harina que tenga mayor calidad enlazara más agua, flotará y precipitará lentamente.

El volumen de sedimentación de las harinas de trigo importado son considerablemente altos por su contenido en gluteninas (glutaminas), que

al entrar en contacto con la solución de ácido láctico y alcohol isopropílico se desnaturalizan y absorben agua. La harina de trigo nacional cojitambo al contener aproximadamente la mitad de glutaminas que el trigo importado, el acción del ácido láctico es menor por lo tanto el volumen de sedimentación tiende a bajar. (Tabla 9)

Los Valores de sedimentación bajos, son indicadores de buena calidad del gluten de la harina; para las harinas panificables los valores óptimos son los comprendidos entre 25 y 30.

Las harinas de cebada, maíz, quinua y papa, presentan valores de sedimentación altos, ya que se mide la absorción de agua por desnaturalización de las proteínas por la hidrólisis ácida a la que es sometida.

Pero en estas muestras sobre todo en las harinas de papa y quinua el volumen de sedimentación que presenta se debe a la cantidad de almidón que tienen, ya que el contenido de ácido glutámico no aportaría en gran medida al volumen de sedimentación. Para estas harinas el almidón juega un papel muy importante, ya que en el proceso de molienda sufre modificaciones, provocando un mayor contenido de almidón dañado y justificando de esta manera el volumen de sedimentación que presentan, ya que este almidón es el que posee un poder de absorción de agua mayor que las proteínas que contenga la harina.

**Tabla 14. Análisis de Varianza para el Volumen de Sedimentación**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	8238,71	6	1373,12	6018,80	0,0000
Residuo	3,19393	14	0,228138		
Total	8241,9	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

De acuerdo a la Tabla 14, al realizar el Análisis de Varianza para el volumen de sedimentación podemos observar que todos los tratamientos presentan diferencia significativa trabajando con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 15. Prueba de Tukey para el Volumen de Sedimentación**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	6,40333	g
5	3	15,3467	f
4	3	20,2533	e
2	3	27,39	d
1	3	28,7467	c
7	3	40,17	b
6	3	72,0467	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

De acuerdo a la Tabla 15, Podemos observar que todos los tratamientos se encuentran en diferentes grupos y que por lo tanto todos presentan diferencia significativa, en los tratamientos 6 y 7 presentan los promedios mas altos del análisis, mientras que el tratamiento 2 se podría decir que es el mas parecido al tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1)

que es el patrón, para el tratamiento 3 es el que presenta un menor promedio de todos los tratamientos, mientras que el tratamiento 5 y 4 tienen una diferencia de 5 puntos en sus promedios.

#### 4.1.5 Perfil de Capacidad de Retención de Solventes

##### 4.1.5.1 Perfil de Capacidad de Retención de Agua

La absorción de agua de una harina es un factor importante en la panificación ya que ella contribuirá a la calidad del producto, su vida útil y el rendimiento del proceso. Son varios los factores que inciden en este parámetro: grado de molienda, calidad y cantidad de gluten, porcentaje de almidón dañado, presencia de fibra. Como parte de esta última se puede considerar tanto la fibra endógena (fundamentalmente pentosanos) como la agregada como mejorador (polisacáridos de distinto origen). (29)

**Tabla 16. Capacidad de Retención de Agua (%SRC H<sub>2</sub>O)**

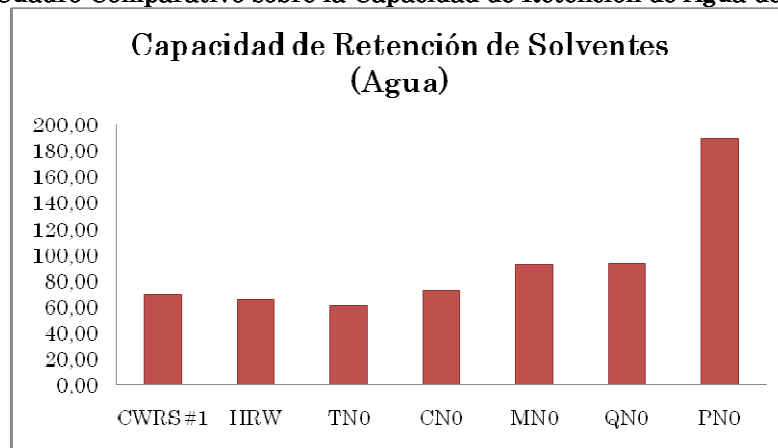
<b>Muestra</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Promedio</b>
Harina de trigo CWRS # 1	63,6	76,6	68,4	69,5
Harina de trigo Hard Red Winter	66,6	65,9	63,4	65,3
Harina de trigo Cojitambo	63,1	61,0	56,4	60,2
Harina de cebada Canicapa	73,3	72,7	73,4	73,1
Harina de maíz I – 122	92,7	94,2	94,2	93,7
Harina de quinua Tuncahuan	91,5	94,2	92,8	92,8
Harina de papa Gabriela	187,2	188,0	191,9	189,0

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Los parámetros utilizados para predecir la calidad de las harinas, perfil de capacidad de solventes (% SRC) evidenciaron ser herramientas adecuadas en las harinas de cereales (maíz, quinua, cebada) y papas ecuatorianas.

**Gráfico 2. Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Agua de las Harinas**



**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En cuanto al %SRC H<sub>2</sub>O, podemos observar en el Gráfico 2 proveniente de la Tabla 16, que ninguna de las muestras se encuentra dentro de los parámetros que establece el método ya que para el uso en panificación el método (Anexo A – 6) nos indica un valor < a 57, este valor se ve influenciado por todos los componentes de la harina como grasa, proteína, cenizas, fibra y la humedad de las muestras, los valores más altos de este %SRC presenta la muestra de harina de papa, este valor en la muestra se debe a que esta harina es precocida por lo tanto la capacidad de absorción de agua de sus componentes es mayor.



**Tabla 17. Análisis de Varianza para el %SRC H2O**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	36018,0	6	6003,0	628,81	0,0000
Residuo	133,653	14	9,54667		
Total	36151,6	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

De acuerdo a la Tabla 17, con el análisis de varianza realizado se puede notar que el factor de estudio presenta diferencias significativas entre todos los tratamientos, al trabajar con un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 18. Prueba de Tukey para el %SRC H2O**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	60,1667	d
2	3	65,3	dc
1	3	69,5333	c
4	3	73,1333	c
6	3	92,8333	b
5	3	93,7	b
7	3	189,033	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

En la Tabla 18, se presenta la Prueba de Tukey para el %SRC H<sub>2</sub>O, en donde en el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1, patrón) se presenta una igualdad con los tratamientos 4, 2 y 3 (harina de cebada cañicapa, harina de trigo hard red Winter y harina de trigo cojitambo) por lo que estas harinas actuarían mejor en la fabricación de pan y pastas alimenticias ya que el promedio se encontraría entre 60.1 y 73.1.

Los tratamientos 6 y 5 presentan diferencia significativa con los tratamientos 1, 2, 3 y 4, mientras que el tratamiento 7 (harina de papa Gabriela) presenta el mejor promedio, además de ser la muestra que presenta una diferencia significativa con todos los demás tratamientos.

#### 4.1.5.2 Perfil de Capacidad de Retención de Sacarosa

**Tabla 19. Capacidad de Retención de Sacarosa (%SRC Sacarosa)**

<b>Muestra</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Promedio</b>
Harina de Trigo CWRS # 1	94,8	95,8	91,5	94,0
Harina de Trigo Hard Red Winter	100,7	99,2	99,7	99,9
Harina de Trigo Cojitambo	93,9	90,0	92,7	92,2
Harina de Cebada Canicapa	138,0	135,0	133,0	135,3
Harina de Maíz I – 122	124,8	126,5	124,5	125,3
Harina de Quinoa Tuncahuan	145,2	141,6	151,5	146,1
Harina de Papa Gabriela	211,1	213,2	211,3	211,9

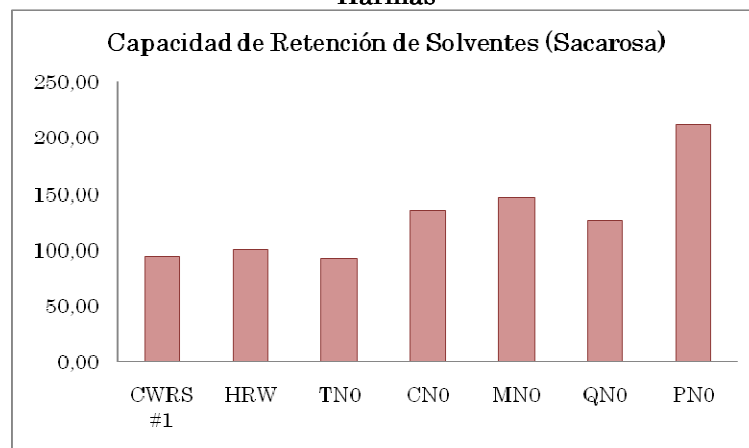
**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

El % SRC sacarosa se ve afectado por los pentosanos (Gráfico 3 proveniente de la Tabla 19), que contenga la muestra de harina para el caso de las muestras de harina de trigo importado CWRS#1 y el trigo Cojitambo se encuentran dentro del rango que establece el método que establece que la harina para el proceso de elaboración de pan deber ser menor a 96, y la harina de trigo importado HRD se presenta 4 puntos fuera del valor establecido.

Estas muestras presentan un porcentaje de pentosanos solubles entre el 6.6 – 8.5% ya que los valores oscilan entre el 85 – 105 % de SRC sacarosa. En las muestras de harina de maíz, cebada, quinua y papa, los valores del SRC son bastante altos, la harina de cebada en un promedio de 135.3%, la harina quinua con 146.1%, la harina de maíz con 125.3% y la harina de papa que presenta el valor masa alto con 211.9% de SRC sacarosa lo que indica que contienen aproximadamente un porcentaje de pentosanos solubles de 10.95, 11.82, 10.14 y 17.15 respectivamente.

**Gráfico 3. Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Sacarosa de las Harinas**



**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Los pentosanos solubles modifican la reología de las masas, favoreciendo al volumen del pan aproximadamente en un 25%, mejora la extensibilidad de las masas y disminuye la elasticidad, pero sin la aparición de grietas, obtiene migas más flexibles y con alveolos más parejos. (22)

La harina de trigo contiene alrededor del 2% de carbohidratos no almidonosos llamados pentosanos. Estos son polímeros de azúcar pentosa (carbón cinco), principalmente xilosa pero también incluyen arabinosa y pequeñas cantidades de varios otros azúcares. Tienen parecido con las gomas en sus propiedades físicas: unos son solubles y otros son insolubles. (30)

Los pentosanos o xilanos constituyen algo más del 3% del total de polisacáridos presentes en las harinas de trigo. Estos polisacáridos tienen la capacidad de absorber agua en cantidades superiores a su propio peso (hasta 10 veces su peso). Son uno de los principales componentes de la fibra dietética y su contenido afecta de gran manera las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo y las características de los productos panificables. (21)

La principal propiedad de los pentosanos es su gran capacidad para absorber agua, por lo que pueden formar soluciones altamente viscosas, y se ha demostrado que más del 20% del agua en las masas de harina de trigo está asociada con los pentosanos.

Otra propiedad de estos polisacáridos es su participación en las reacciones de oxidación en presencia de un agente oxidante. El efecto de los pentosanos de trigo sobre las características de las masas de panificación ha sido estudiada sistemáticamente desde la década de los 60's, observándose resultados contradictorios. Algunos autores indican que tienen efectos negativos sobre la masa de panes; mientras que otros sostienen que tienen efectos positivos.

**Tabla 20. Análisis de Varianza para el %SRC Sacarosa**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	31915,8	6	5319,3	854,28	0,0000
Residuo	87,1733	14	6,22667		
Total	32003,0	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

De acuerdo a la Tabla 20, al realizar el análisis de varianza se puede notar que todos los tratamientos o muestras en estudio presentan diferencias significativas al utilizar un nivel de significación de 0.05%.

**Tabla 21. Prueba de Tukey para el %SRC Sacarosa**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	92,2	f
1	3	94,0333	fe
2	3	99,8667	e
5	3	125,267	d
4	3	135,333	c
6	3	146,1	b
7	3	211,867	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

De acuerdo a la Tabla 21, se presenta la Prueba de Tukey para el %SRC Sacarosa, en donde el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1, patrón) es igual a los tratamientos 2 y 3 (harina de trigo hard red Winter y harina de trigo cojitambo), nos indica que los niveles promedio de

pentosanos en estas muestras son los óptimos, para usos en panificación y pastas alimenticias ya que el promedio se encontraría entre 92.2 y 99.8.

Los tratamientos 5, 4, 6 y 7 presentan diferencia significativa entre ellos y con el grupo que presenta iguales características que el tratamiento 1 (patrón, harina de trigo CWRS #1) presentando el mayor promedio el tratamiento 7, con un exceso de 117 puntos que el patrón.

#### 4.1.5.3 Perfil de Capacidad de Retención de Carbonato de Sodio

**Tabla 22. Capacidad de Retención de Carbonato de Sodio (%SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de trigo CWRS # 1	92,2	91,8	92,6	92,2
Harina de trigo Hard Red Winter	77,7	78,9	79,7	78,8
Harina de trigo Cojitambo	90,1	87,6	85,3	87,7
Harina de cebada Cañicapa	102,3	100,4	104,8	102,5
Harina de maíz I – 122	95,2	93,2	89,7	92,7
Harina de quinua Tuncahuan	131,9	131,8	131,9	131,9
Harina de papa Gabriela	252,2	252,3	252,5	252,3

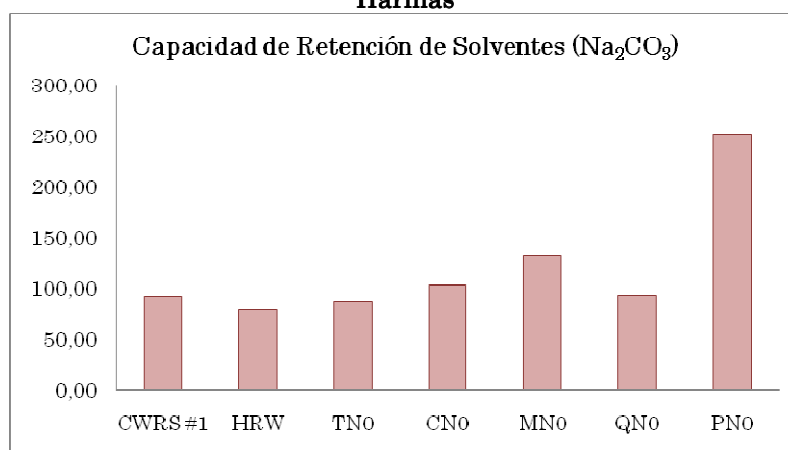
**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

El %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (grafico 4 proveniente de la tabla 22) este valor está influenciado por los niveles de almidón dañado que se encuentre en las muestras de harinas, ninguna muestra se encuentra dentro de los valores que establece el método ya que el mismo nos indica que los porcentajes óptimos para la utilización de las harinas para la elaboración de pan se debe encontrar en cifras inferiores a 72.

Las harinas en estudio presentan valores de %SRC  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  promedio de 92.2, 78.8, 87.7, 102.5, 131.9, 92.7 y 252.3 correspondiendo cada valor a harina de trigo CWRS #1, hard red Winter, trigo cojitambo, cebada cañicapa, quinua tuncahuan, maíz I – 122, y papa Gabriela.

**Gráfico 4. Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  de las Harinas**



**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Para harinas que presentan valores hasta 75% se presentan niveles de almidón dañado de 5.5 – 9.8% en la harina convirtiéndola en ideal para los procesos de panificación, en cambio estas muestras presentan porcentajes de almidón dañado de 12.1, 10.3, 11.5, 13.4, 17.2, 12.1 y 32.9 respectivamente, presentando los niveles de almidón dañado mas alto la muestra de harina de papa y esto se podría explicar ya que al ser precocida tiene mucho mas almidón disponible y gelatinizado por lo que su capacidad de absorción es mucho más alta.

Podemos ver que un aumento de almidón dañado empieza produciendo un aumento del volumen del pan, debido a que la levadura tiene más azúcares en forma de maltosa disponible para su acción y por ende, si la red de proteína (gluten) encargado de retener el gas, lo soporta, el tamaño del pan será mayor.

Sin embargo si se incrementa exageradamente los niveles de almidón dañado, el volumen de pan comenzará a decrecer, porque la red de proteína (gluten) no será capaz de retener este mayor gas generado y empezará a aparecer porosidad en la masa durante la fermentación, perdiendo volumen y fuerza.

**Tabla 23. Análisis de Varianza para %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	66667,2	6	11111,2	3971,66	0,0000
Residuo	39,1667	14	2,79762		
Total	66706,3	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 23. Al realizar el Análisis de Varianza donde se puede notar que el factor en estudio (tipos de harina) presenta diferencias significativas al utilizar un nivel de confianza del 95%. Los valores de F calculado es alto, dándonos así la pauta para demostrar que todos los tratamientos tienen distinto comportamiento



**Tabla 24. Prueba de Tukey para %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	78,7667	f
3	3	87,6667	e
1	3	92,2	ed
5	3	92,7	d
4	3	102,5	c
6	3	131,867	b
7	3	252,333	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

De acuerdo a la Tabla 24, se presenta la Prueba de Tukey para el %SRC Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, en donde el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1, testigo) se presenta igual a los tratamientos 3 y 5 (harina de trigo cojitambo y harina de maíz I – 122), dándonos cuenta que los niveles óptimos de almidón dañado que los tratamientos deben poseer se encuentra des 87.6 hasta 92.7 indicándonos que estos valores son los óptimos para procesos de psniicación y pastas alimenticias.

Los tratamientos 2, 4, 6 y 7 presentan diferencia significativa entre ellos y con el grupo homogéneo que del tratamiento 1 (patrón, harina de trigo CWRS #1), dando el tratamiento 7 el mayor promedio de todos los tratamientos en estudio.

#### 4.1.5.4 Perfil de Capacidad de Retención de Ácido Láctico

El %SRC para ácido láctico puede ser comparado con el volumen de sedimentación, pero la hidrólisis que se realiza en este método no contiene

alcohol isopropílico lo que en medida baja la capacidad de retención las gluteninas o glutaminas presentes en la harina.

**Tabla 25. Capacidad de Retención de Acido Láctico (%SRC Ác. Láctico)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de trigo CWRS # 1	119,4	117,3	116,4	117,7
Harina de trigo Hard Red Winter	95,4	91,4	97,8	94,9
Harina de trigo Cojitambo	67,1	75,4	72,5	71,7
Harina de cebada Canicapa	74,7	76,0	77,7	76,1
Harina de maíz I – 122	102,9	98,2	103,7	101,6
Harina de quinua Tuncahuan	111,0	110,9	106,4	109,4
Harina de papa Gabriela	192,7	188,1	189,6	190,1

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

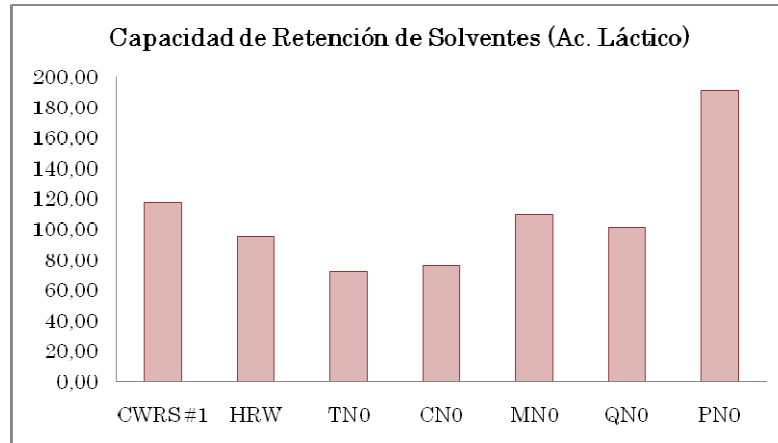
**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

El %SRC Ácido láctico hace referencia a calidad panadera de una harina, relacionado con la cantidad y calidad de proteínas del gluten, esto sería en relación a las muestras de harina de trigo que son las que contienen el gluten, para estas podemos observar en el grafico 5 proveniente de la tabla 25, que para la harina de trigo CWRS #1 los valores son superiores a 100 que es lo que el método recomienda para el caso de la elaboración de pan presentando un promedio de 117.7.

Para las otras muestras de harina de trigo son inferiores a 100, para la muestra de hard red winter tiene un promedio de 94.9%, lo que nos indica que esta muestra nos serviría mejor para el caso de galletería, en la harina de trigo nacional podemos ver que se encuentra bajo los dos valores que el método establece, lo que quiere decir que no tiene la

cantidad suficiente de proteína para poder sostener la red de gluten y el CO<sub>2</sub> necesarios en procesos de panificación.

**Gráfico 5. Cuadro Comparativo sobre la Capacidad de Retención de Ácido Láctico de las Harinas**



**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Las muestras de harinas de cebada, quinoa, maíz y papa podemos ver que sus proteínas pueden absorber el ácido láctico y esto evidenciamos también en pruebas anteriores como sedimentación (Tabla 9), pero esta absorción no se debe a que posean proteínas del gluten sino a otro tipo de proteína o almidones presentes en las muestras.

**Tabla 26. Análisis de Varianza para %SRC Ác. Láctico**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	28160,1	6	4693,35	607,65	0,0000
Residuo	108,133	14	7,72381		
Total	28268,2	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

De acuerdo a la Tabla 26, con el Análisis de Varianza se puede notar que los tipos de harina presentan una diferencia entre ellas al utilizar un nivel de confianza del 95%. Todos los tratamientos tienen distinto comportamiento en la capacidad de retención de ácido láctico.

**Tabla 27. Prueba de Tukey para %SRC Ác. Láctico**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	3	71,6667	e
4	3	76,1333	e
2	3	94,8667	d
5	3	101,6	d
6	3	109,433	c
1	3	117,7	b
7	3	190,133	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

En la Tabla 27, se presenta la Prueba de Tukey para el %SRC Ácido Láctico, en donde el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1, testigo) se presenta diferente a todos los demás tipos de harina presentando un promedio óptimo de 117.7 valor que se ve influenciado por la calidad y cantidad de proteínas que tiene la harina de trigo CWRS #1.

El tratamiento 7 (harina de papa Gabriela) podemos observar que tiene el promedio mas alto y esto se debe a las modificaciones que sufre el almidón en la obtención de la harina y la absorción de ácido láctico se da gracias a este factor de modificación que es la precocción.

Los tratamientos 3 y 4 (harina de trigo cojitambo y harina de cebada cañicapa) no presentan diferencia significativa, ya que tienen casi las mismas propiedades de absorción de ácido láctico por la cantidad de proteína que poseen, los tratamientos 2 y 5 (harina de trigo Hard Red Winter y harina de maíz I – 122) de igual manera se presentan iguales en las propiedades de absorción de ácido láctico debiéndose en primer lugar por la calidad de proteínas que tienen.

Para el tratamiento 6 (harina de quinua tuncahuan) al igual que el tratamiento 1 y 7, presenta diferencia significativa al compararlo con los demás tratamientos presentando valores promedio altos debido a la cantidad de proteína que la muestras de harina posee.

#### 4.1.6 Estabilidad de Geles

**Tabla 28. Estabilidad o Porcentaje de Sinéresis de Geles de Proteínas**

<b>Muestra</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Promedio</b>
Proteína de trigo CWRS # 1	25,17	24,28	24,01	24,49
Proteína de trigo Hard Red Winter	25,01	25,90	25,76	25,56
Proteína de trigo Cojitambo	26,47	26,75	26,71	26,64
Proteína de cebada Cañicapa	23,40	23,21	23,71	23,44
Proteína de maíz I – 122	3,19	3,12	2,97	3,09
Proteína de quinua Tuncahuan	1,41	1,12	1,52	1,35
Proteína de papa Gabriela	1,91	1,92	2,26	2,03

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

Según la Tabla 28. Se observa que el porcentaje de sinéresis que presentan los geles de las proteínas de trigo y cebada son altas con

respecto a las harinas de papa, quinua y maíz. En las proteínas de trigo y cebada al formar gel con agua y ser sometidas a calentamiento y enfriamiento, estos provocan que se forme mayor cantidad de enlaces de hidrogeno lo que permite que las ciertas proteínas se coloquen paralelamente, provocando que las moléculas de agua retenida sean expulsadas fuera de la red, permitiendo que las proteínas cristalicen juntas.

En la quinua se sabe que el valor biológico de sus proteínas es alto, pero éstas no son capaces de resistir procesos térmicos largos y enfriamiento brusco, por lo que la formación de los cristales de proteína y el porcentaje de sinéresis resulta ser bajo. Mientras que en las proteínas de papa y maíz se puede ver que al tener menor cantidad de proteínas, no son capaces de alinearlas y formar enlaces hidrogeno, lo que provoca que las mismas no cristalicen y toda el agua contenida en la red se mantenga.

**Tabla 29. Análisis de Varianza para Porcentaje de Sinéresis**  
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	2712,56	6	452,094	4061,76	0,0000
Residuo	1,55827	14	0,111305		
Total	2714,12	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 29. En el Análisis de Varianza realizado, se puede observar que el factor de estudio (tipos de harina) presenta diferencia cuando se utiliza un nivel de confianza del 95%. Dado que todos los tratamientos tienen distinto porcentaje de sinéresis en los geles formados.

**Tabla 30. Prueba de Tukey para el Porcentaje de Sinéresis**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
6	3	1,35	f
7	3	2,03	f
5	3	3,09333	e
4	3	23,44	d
1	3	24,4867	c
2	3	25,5567	b
3	3	26,6433	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

De acuerdo a la Tabla 30, tenemos la Prueba de Tukey para el porcentaje de sinéresis de los distintos tipos de harina, donde podemos observar que el tratamiento 1 (proteína de harina de trigo CWRS #1, testigo) se presenta diferente a todos los demás tipos de harina presentando un promedio de 24.49%.

El tratamiento 3 y 4 (proteína de harina de trigo cojitambo) podemos observar que tiene el promedio más alto y esto es debido a la estabilidad del gel que se forma con la proteína, teniendo mejores resultados que los demás tratamientos. Esto con respecto al tratamiento 1 y 2 que son testigos.

Para los tratamientos que presentan igual estabilidad de geles son los tratamiento 6 y 7, incluyendo también al tratamiento 5, los mismos que por la calidad y cantidad de proteína tiene la menor estabilidad de todos los tratamientos.

#### 4.1.7 Absorción de Agua por Proteínas

La proteína en la harina absorbe alrededor de 1.3 veces su peso en agua. Este valor no es exacto, pero dan una estimación bastante precisa de la importancia que tienen estos componentes en la determinación de la absorción de la harina. (30)

**Tabla 31. Absorción de Agua por Proteínas (ml agua/gr Materia Seca)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Proteína de Trigo CWRS # 1	4,071	4,073	4,071	4,072
Proteína de Trigo Hard Red Winter	2,885	2,884	2,884	2,884
Proteína de Trigo Cojitambo	1,349	1,349	1,349	1,349
Proteína de Cebada Cañicapa	1,350	1,350	1,350	1,350
Proteína de Maíz I – 122	1,249	1,249	1,250	1,249
Proteína de Quinoa Tuncahuan	3,192	3,194	3,190	3,192
Proteína de Papa Gabriela	0,749	0,749	0,749	0,749

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 31. Observan medidas de absorción de agua expresados en ml agua/ gr. Materia Seca, para esta prueba se utilizó un concentrado proteico para eliminar la posibilidad que la absorción se de por otro componente de la harina.

Según Calaveras (1996). Se debe tomar en cuenta que si una harina es fuerte, absorberá más cantidad de agua ya que tendrá mayor cantidad de proteínas que una harina floja.

La proteína del trigo importado CWRS #1, tiene mayor medida de absorción de agua, debido a que es una harina fuerte, gracias a la



cantidad y calidad de las proteínas y gluten que contiene. Al comparar con la medida de absorción de agua de las proteínas de las otras muestras de trigo observamos que la misma disminuye según el contenido de proteína dándonos un comportamiento directamente proporcional, para la proteína de trigo nacional Cojitambo presenta apenas el 33% del total de agua absorbida por la proteína del trigo CWRS#1.

La proteína de la quinua tiende a absorber una cantidad de agua considerable, pero este comportamiento se debe a su alto contenido de aminoácidos hidrosolubles, que al entrar en contacto con agua y la humedad relativa del ambiente tienden a hidratarse.

Las proteínas de las harinas de cebada, maíz y papa presentan la menor hidratación de todas las muestras, esto se debe a su bajo contenido en proteínas hidrosolubles, hay que descartar la presencia de proteínas de gluten ya que su contenido en glutaminas y prolaminas es relativamente bajo al compararlos con el trigo.

**Tabla 32. Análisis de Varianza para Absorción de Agua por Proteínas**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	28,1023	6	4,68372	5464334,52	0,0000
Residuo	0,000012	14	8,57143E-7		
Total	28,1023	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinua y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 32. En el Análisis de Varianza realizado, se puede observar que el factor de estudio (tipos de harina) presenta diferencia cuando se utiliza un nivel de confianza del 95%. Dado que la proteína de

las harinas tiene diferente absorción de agua, además de depender de la cantidad de proteína que pueda ser extraída intacta de las muestras.

**Tabla 33. Prueba de Tukey para Absorción de Agua por Proteínas**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
7	3	0,749	f
5	3	1,24933	e
3	3	1,349	d
4	3	1,35	d
2	3	2,88433	c
6	3	3,192	b
1	3	4,07167	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

En la Tabla 33, Al realizar la Prueba de Tukey para la Absorción de agua por proteínas de los distintos tipos de harina, se puede notar que el tratamiento 1 (proteína de harina de trigo CWRS #1, testigo) presenta la mayor absorción de agua que las demás proteínas de las harinas, teniendo el mejor promedio y sin posibilidad de una comparación con las demás muestras de proteína utilizados.

Los tratamientos 4 y 3 (harina de cebada cañicapa y harina de trigo cojitambo) tienen un comportamiento igual, que la cantidad de proteína en las muestras es igual. Para los tratamientos 2, 5, 6 y 7 podemos ver que según el contenido de proteína de las muestras iniciales, la absorción de agua es proporcional teniendo como al tratamiento 7 con menor absorción de agua de todas las muestras.

#### 4.1.8 Grupos Sulfhidrilo y Disulfuro

**Tabla 34. Grupos Sulfhidrilos Totales ( $\mu$ moles SH/gr Proteína)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de Trigo CWRS # 1	9,9	9,8	10,0	9,9
Harina de Trigo Hard Red Winter	8,9	8,8	8,8	8,8
Harina de Trigo Cojitambo	5,0	5,1	5,1	5,1
Harina de Cebada Cañicapa	4,5	4,4	4,5	4,5
Harina de Maíz I – 122	1,8	1,9	1,7	1,8
Harina de Quinoa Tuncahuan	18,4	18,5	18,5	18,5
Harina de Papa Gabriela	2,5	2,4	2,6	2,5

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la tabla 34 y 35. Podemos observar la cantidad de grupos sulfhidrilos totales y libres que contienen las muestras de harina.

La cantidad de grupos sulfhidrilo es muy importante en panificación ya que se producen intercambios disulfuro – sulfhidrilo para la estabilidad de las masas panarias, en la harina de trigo importado CWRS#1, la cantidad de grupos sulfhidrilos, se puede considerar como buena ya que existe una mayor posibilidad de oxidación de estos grupos para la formación de grupos disulfuro que son los responsables de la estabilidad de la estructura tridimensional de la red proteica de gluten que se forma. (21)

Para las harinas de trigo HRW, cojitambo, cebada, maíz, quinoa y papa, el contenido de grupos sulfhidrilos totales y libres se encuentra relacionado con el contenido de cistina, a la harina de maíz se la considera pobre en el contenido de proteína sobre todo de cistina por lo que presenta menor cantidad de grupos sulfhidrilo.

El contenido de grupos sulfhidrilos libres debe ser bajo ya que estos son altamente reductores y la presencia excesiva de estos disminuye considerablemente la elasticidad de la masa ya que un porcentaje de los puentes disulfuro tienden a romperse desestabilizando la red proteica que se forma durante el amasado. (1) (4) (31)

**Tabla 35. Grupos Sulfhidrilos Libres ( $\mu$ moles SH/gr Proteína)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de Trigo CWRS # 1	1,5	1,5	1,5	1,5
Harina de Trigo Hard Red Winter	1,3	1,3	1,3	1,3
Harina de Trigo Cojitambo	0,7	0,7	0,7	0,7
Harina de Cebada Cañicapa	0,5	0,5	0,4	0,5
Harina de Maíz I – 122	0,4	0,4	0,4	0,4
Harina de Quinoa Tuncahuan	3,7	3,7	3,7	3,7
Harina de Papa Gabriela	0,3	0,3	0,3	0,3

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la tabla 36. Podemos observar la cantidad de grupos disulfuro que contienen las muestras de harina estudiadas.

Según Badui (1996), los enlaces disulfuros provenientes de la cisteína son los responsables de la estabilidad de la red proteica aun cuando las proteínas del trigo no forman una estructura tridimensional.

**Tabla 36. Grupos Disulfuro ( $\mu$ moles SS/gr Proteína)**

Muestra	R1	R2	R3	Promedio
Harina de Trigo CWRS # 1	8,4	8,2	8,5	8,4
Harina de Trigo Hard Red Winter	7,5	7,5	7,4	7,5
Harina de Trigo Cojitambo	4,2	4,4	4,4	4,4
Harina de Cebada Cañicapa	4,0	3,9	4,0	4,0

Harina de Maíz I – 122	1,3	1,4	1,4	1,4
Harina de Quinoa Tuncahuan	14,6	14,7	14,7	14,7
Harina de Papa Gabriela	2,2	2,1	2,3	2,2

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

La cantidad de grupos disulfuro es muy importante en la formación de la masa panaria, para el caso de la harina de trigo importado CWRS#1 presenta una cantidad considerable de grupos disulfuro, esto se debe a que contiene una buena cantidad de cisteína.

Para las harinas de trigo HRW y trigo nacional cojitambo podemos observar que la cantidad de grupos disulfuro disminuye conforme baja el contenido de cisteína, bueno esto se puede apreciar para todas las muestras de harinas.

Para el caso de la harina de quinua presenta altos valores de grupos disulfuro provenientes de la cisteína y de otros compuestos como la tiamina, sulfito, tiosulfato, sulfuro de hidrogeno, cianuro y sulfuro, y otras sustancias que contienen un anión sulfurado a pH 8, que también reaccionan con el DTNB.

Para la harina de papa se sabe que es muy rica en almidones y tiene un bajo contenido de proteína (tabla 2 y 4) y de igual manera el contenido de aminoácidos sulfurados y cistina, por lo que el acción del DNTB no es eficiente y la cantidad de grupos disulfuro liberado es mínimo.

Para la harina de cebada podemos observar que el contenido de enlaces disulfuro es similar al del trigo nacional, ya que tiene un contenido de proteína similar y la cistina se encuentra aproximadamente en la misma concentración que en el trigo nacional cojitambo. La harina de maíz es muy pobre en contenido de proteína y cisteína (tabla 2 y 4) por lo que se corroboran que la presencia de grupos disulfuro es bajo.

La relación de los grupos sulfhidrilos (SH) y disulfuro (SS) de las proteínas del trigo, las propiedades reológicas de la masa y la calidad del pan han sido establecidas hace muchos años atrás debido a la interacción de los oxidantes con estos grupos. (21)

Se sabe también que los grupos thiol o sulfhidrilos son más abundantes en la capa de aleurona y el germen que en el endospermo, por lo que se ha observado que el requerimiento de oxidantes se incrementa a medida que aumenta el porcentaje de extracción de la harina. (31)

Actualmente es generalmente aceptado que la acción de mejora en una masa, se debe a la interacción de los grupos thiol o sulfhidrilo al formar enlaces disulfuro por acción de los oxidantes. (21)

**Tabla 37. Análisis de Varianza para Grupos Sulfhidrilos Totales**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	600,046	6	100,008	19863,39	0,0000
Residuo	0,0704868	14	0,00503477		
Total	600,117	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**Tabla 38. Análisis de Varianza para Grupos Sulfhidrido Libres**

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	26,7952	6	4,46587	6421,75	0,0000
Residuo	0,009736	14	0,000695429		
Total	26,805	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**Tabla 39. Análisis de Varianza para Grupos Disulfuro**

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	377,731	6	62,9552	9152,18	0,0000
Residuo	0,096302	14	0,00687871		
Total	377,828	20			

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

En la Tabla 37, 38 y 39. Se puede observar los Análisis de Varianza realizados, donde observamos que el factor de estudio (tipos de harina) en los tres casos presenta diferencia, presentando mayor diferencia entre los tratamientos en la determinación de grupos sulfhidrilos totales, teniendo también que para los grupos disulfuro y sulfhidrilos libres se encuentra una diferencia en el comportamiento de las muestras de harinas.

**Tabla 40. Prueba de Tukey para Grupos Sulfhidrilos Totales**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	3	1,83008	g
7	3	2,54904	f
4	3	4,47716	e
3	3	5,0654	d
2	3	8,85628	c
1	3	9,90204	b
6	3	18,4969	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

**Tabla 41. Prueba de Tukey para Grupos Sulfhidrilo Libres**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
7	3	0,295	f
5	3	0,410333	e
4	3	0,475667	e
3	3	0,705333	d
2	3	1,31267	c
1	3	1,49267	b
6	3	3,77333	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

De acuerdo a la Tabla 40 y 42. Al realizar la Prueba de Tukey para los Grupos Sulfhidrilos totales y Disulfuros, cabe notar que el tratamiento 1 (harina de trigo CWRS #1, testigo) presenta un mayor contenido de grupos sulfhidrilos totales y disulfuros, sin tener ningún tratamiento que sea semejante al patrón, para el caso del tratamiento 6 (harina de quinoa



tuncahuan) el contenido en grupos sulfhidrilo y disulfuro no ayudará en la panificación y pastas alimenticias debido a su alto contenido de almidón.

**Tabla 42. Prueba de Tukey para Grupos Disulfuro**

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
5	3	1,42	g
7	3	2,254	f
4	3	4,00167	e
3	3	4,36	d
2	3	7,544	c
1	3	8,40933	b
6	3	14,7237	a

**Fuente:** Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (Maíz, Quinoa y Cebada) y Papas Ecuatorianas como Sustitutos Parciales del Trigo Importado para la Elaboración de Pan y Fideos” – PHPPF

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**1:** Harina de Trigo CWRS #1, **2:** Harina de Trigo Hard Red Winter, **3:** Harina de Trigo Cojitambo, **4:** Harina de Cebada Cañicapa, **5:** Harina de Maíz I – 122, **6:** Harina de Quinoa Tuncahuan, **7:** Harina de Papa Gabriela

Todos los tratamientos presentan diferencia significativa, debiéndose al contenido de aminoácidos como la cisteína y cistina, los mismos que son los únicos que contienen estos grupos en sus estructuras moleculares.

En la Tabla 41. Al realizar la Prueba de Tukey, nos damos cuenta que los tratamientos 1, 2, 3, 6 y 7, presentan una diferencia estadística significativa, mientras que el tratamiento 4 y 5, son semejantes.

## 4.2 VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

Para poder realizar la verificación de la hipótesis realizamos una comparación entre los valores de F calculados con el valor de F de tablas para poder aceptar o rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 43. Comparación de Valores de F**

<b>Propiedad Funcional</b>	<b>Valor de F calculado</b>	<b>Valor de F de tablas</b>
Porcentaje de Gluten Húmedo	5190.82	5,143
Porcentaje de Gluten Seco	161.71	5,143
Volumen de Sedimentación	6018.80	2,847
Capacidad de Retención de Agua	628.81	2,847
Capacidad de Retención de Sacarosa	854.28	2,847
Capacidad de Retención de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3971.66	2,847
Capacidad de Retención de Ác. Láctico	607.65	2,847
Estabilidad de Geles	4061.76	2,847
Absorción de Agua por Proteínas	5464334.52	2,847
Grupos Sulfhidrilo	6421.75	2,847
Grupos Disulfuro	9152.18	2,847

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

### **Cálculo de F.**

**Ho:** Las muestras resultantes producto de la correlación de los factores de estudio presentan las mismas características físico – químicas y funcionales en las respuestas experimentales.

**H1:** Las muestras resultantes producto de la correlación de los factores de estudio presentan diferentes características físico-químicas y funcionales en las respuestas experimentales.

A un nivel de confianza del 95 % existe diferencia en las características físico – químicas y funcionales de los distintos tipos de harina utilizados. Esto se ha podido comprobar debido a que el valor de F calculado se encuentra fuera del límite con respecto al valor F de tablas. Rechazando de esta manera la hipótesis nula.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- 5.1.1** Se logró conocer las propiedades funcionales (porcentaje de gluten, volumen de sedimentación, perfil de aminoácidos, análisis bromatológico, perfil de capacidad de retención de solventes, estabilidad de geles, absorción de agua y determinación de grupos disulfuro y sulfhidrilo) de las proteínas de harina de cereales (maíz, quinua, cebada, trigo nacional e importado) y papas concluyendo que desde el punto de vista funcional las mejores harinas para su uso en panificación y pastas son las muestras de cebada y trigo nacional las mismas que al ser sustituidas mejoró las características propias del pan y de fideos.
- 5.1.2** Al analizar las propiedades bromatológicas (humedad, fibra, ceniza, proteína, grasa, carbohidratos) de las harinas, se concluye que se

encuentran dentro de los parámetros necesarios para ser utilizados en la elaboración de pan y pastas, debiendo tener cuidado con las condiciones de almacenamiento de las harinas de quinua y maíz debido al contenido de grasa.

- 5.1.3** Al comparar el perfil de aminoácidos de las harinas de cereales y papas con la del trigo importado nos damos cuenta que la composición de aminoácidos dentro del trigo es especial, debido a su alto contenido en ácido glutámico y prolina, aminoácidos indispensables para la formación de las masas panarias y de fideos, no así en las harinas (maíz, cebada, trigo HRW, trigo cojitambo y papas) en los que el contenidos en ácido glutámico y prolinas son ligeramente inferiores, los mismos que favorecerán la estabilidad de la red proteica además de tener un aporte al intercambio disulfuro por su contenido de cistina y cisteína.
- 5.1.4** Se estableció que las harinas de trigo importado (CWRS#1, HRW) presentan un porcentaje de gluten el doble que el trigo nacional cojitambo, debiéndose al déficit de glutaminas y prolaminas que tiene el trigo nacional, en razón directa de las condiciones de siembra y cosecha.
- 5.1.5** Se estableció que las proteínas de cereales y tubérculo que tienen una absorción de agua mayor se las considera como harinas fuertes, la proteína de trigo CWRS#1 que es la muestra testigo es la harina que presenta un mayor absorción de agua y esto se debe a que el contenido de proteínas del gluten son altas, otra proteína que presenta una buena absorción de agua es la de quinua, gracias a la cantidad y calidad de proteínas que contiene, la proteína del trigo

HRW tiene una absorción de agua buena por lo que se considera una harina de mediana fuerza, las proteínas de cebada, maíz, trigo nacional y papa presentan los valores mas bajos por lo que se les considera como harinas flojas..

- 5.1.6** La harina que presentó un perfil de capacidad de solventes (%SRC) muy bueno para panificación es la harina de cebada, ya que su contenido de pentosanos, almidón dañado y glutaminas favorecerían los procesos de obtención de pan, otra harina que beneficiaría los procesos de obtención de pan y fideos es la harina de trigo nacional, ya que mejoraría la calidad y cantidad de proteínas de la harina de trigo importado, además que contribuiría directamente a la estabilidad de la red de gluten, las harinas de maíz, papa y quinua por su alto contenido en almidones bajan la calidad de gluten y lo vuelven débil.
- 5.1.7** Los porcentajes de sinéresis para la elaboración de pan y fideos debe encontrarse entre 23 y 26, por lo que las harinas de trigo nacional y cebada son las apropiadas para ser destinadas en este uso, mientras que las harinas de papa, quinua y maíz no son aptas por su baja capacidad para cristalizar proteínas en procesos térmicos o mecánicos.
- 5.1.8** El índice de sedimentación para las harinas de trigo importado, cebada, maíz, quinua y sobre todo papa fueron muy buenos, para la harina de papa el índice de sedimentación es el más alto y esto se debe a que al ser precocida el almidón y la proteína se encuentran disponibles por lo que la capacidad de hinchamiento aumenta, para la harina de quinua al tener proteínas de calidad y cantidad

tienden a absorber una mayor cantidad de agua, con la harina de maíz, trigo y cebada el volumen de sedimentación se reduce debido al contenido de proteínas.

**5.1.9** El contenido de grupos disulfuro y sulfhidrilo en las harinas se encuentra muy por debajo de los establecidos en bibliografía, excepto la harina de quinua que tiene mayor cantidad de grupos disulfuro y sulfhidrilo debido a otros compuestos sulfurados, la harinas de cebada contiene mayor numero de grupos disulfuro y sulfhidrilo que las muestras de papa y maíz, por lo que si es utilizado en panificación y pastas va a contribuir con el intercambio disulfuro – sulfhidrilo necesario para dar estabilidad a la red proteínica. En cuanto a la harina de papa y maíz, debido a su bajo contenido en grupos disulfuro y sulfhidrilo no se recomendaría el uso en panificación y pastas.

**5.1.10** Después de un estudio de las propiedades funcionales de las proteínas de las harinas de cereales y tubérculo, se puede sugerir que las harinas apropiadas para su uso parcial en panificación y pastas alimenticias son las harinas de cebada gracias a su contenido en pentosanos que mejora considerablemente las masas a formarse, y la harina de trigo nacional cojitambo mejora las características en las masas panarias y de pastas, como volumen, extensibilidad, elasticidad y absorción de agua.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

**5.2.1** Se recomienda el estudio de otras fuentes de harina como el arroz, soya y otras variedades de trigo, ya que se podría encontrar una

harina con mejores características que la harina de cebada, que a más de mejorar considerablemente las características de pan tengan aportes nutricionales mejores.

- 5.2.2** Se debería realizar un estudio sobre las propiedades nutricionales de las harinas ya que no solo es importante el aporte de proteínas para mejorar las características de pan sino el aporte nutricional que se tiene al consumir estos productos derivados del trigo como es el pan y las pastas alimenticias.



## CAPITULO VI

### PROPUESTA

#### 6.1 DATOS INFORMATIVOS

- **Título:** “Uso de harinas de maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*), papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum aestivum*) nacional e importado en panificación.”
- **Institución Ejecutora:** Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Laboratorio de la Unidad Operativa de Investigaciones en Tecnología de Alimentos UOITA.
- **Beneficiarios:** Comerciantes de productos de panificación, Molineros del Ecuador
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador

- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses  
**Inicio:** Mayo del 2009                      **Final:** Diciembre del 2009
- **Equipo técnico responsable:** Egda. Liliana A. Cerda M, Ing. María Rodríguez MSc., Ing. Mayra Paredes MSc.
- **Costo:** \$ 4696.76

## 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Después de la caída del precio mundial del trigo producida en el año 2001 y su rápida recuperación, el precio ha tenido una tendencia a estabilizarse en los años posteriores oscilando entre los 140 y 150 dólares estadounidenses por tonelada. Tomando en cuenta que en el 2008 los precios oscilaron entre 600 y 750 dólares por tonelada, lo que produjo una subida en el costo de la harina de trigo.

El pan y los alimentos derivados de trigo son considerados alimentos de primera necesidad en algunas partes del mundo y, por lo tanto, las exigencias de los consumidores son cada vez mayores. Junto con esto, el proceso de globalización y la búsqueda de mejores oportunidades de vida han provocado migraciones importantes que, al establecerse a través del mundo, han conservado sus tradiciones y su forma de alimentación.

La industria panadera ha respondido desarrollando panes que se enlistan en los llamados alimentos funcionales, los que se definen como aquellos alimentos que entregan algún beneficio para la salud, además de la simple provisión de nutrientes. Dentro de estos productos se encuentran panes que ayudan a disminuir el colesterol; otros que disminuyen los síntomas

de la menopausia (por la adición de soya y linaza, que contienen hormonas vegetales); panes con adición de ácidos grasos omega 3; panes libres de grasa y azúcar y los ya mencionados ricos en fibra, que disminuyen el riesgo de desarrollo de cáncer al colon, enfermedades cardiovasculares y diabetes.

Como consecuencia de todo lo anterior, existe hoy en el mundo una amplia variedad de oferta de derivados de trigo para la alimentación humana, por lo que es de vital importancia el uso o la incorporación de harinas de otros cereales o tubérculos que proporcionen las nuevas exigencias de los consumidores.

La incorporación de estas harinas de cereales (maíz, cebada, quinua) y papas ecuatorianas proporcionara la cantidad de fibra, minerales y vitaminas a productos de panificación y pastas alimenticias.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Las tendencias del consumo de pan se encaminan en dos sentidos que en apariencia son contradictorios: por un lado aparecen alimentos muy sofisticados y de compleja elaboración, y a su vez el consumidor está exigiendo cada vez más productos naturales. La importancia de una alimentación rica en fibras se ha acentuado y esta tendencia ha ampliado el consumo de panes integrales.

El consumo de productos de panificación y fideos aumenta en la población, siendo recomendado su consumo debiéndose a que son alimentos muy nutritivos, por su contenido de aminoácidos esenciales, proteínas y

minerales. No obstante, el costo de las materias primas utilizadas para la fabricación de los mismos ha ido aumentando su valor, por lo que estos productos de consumo masivo han aumentado su costo, y se ha hecho muy difícil la adquisición de ellos.

El Gobierno local ha decidido realizar esta investigación, para lograr una sustitución parcial de la harina de trigo importado en la fabricación de pan y pastas alimenticias con harina de cebada, maíz, quinua, papa y trigo nacional que son harinas de bajo costo lo que permitirá un mayor acceso a estos productos por parte de las personas de escasos recursos económicos.

El uso de harinas alternativas para la elaboración de pan y pastas alimenticias además de bajar considerablemente el costo, aumentará la calidad nutricional de los mismos, ya que se añade cantidades considerables de nutrientes sobre todo de proteína, ya que los cereales utilizados son ricos en aminoácidos esenciales. Adaptándose a las nuevas demandas de los consumidores.

Con el uso de estas harinas alternativas se puede bajar la cantidad de aditivos y mejoradores, que se utilizan para la panificación y las pastas alimenticias.

## **6.4 OBJETIVOS**

### **6.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Sugerir las harinas apropiadas que podrían utilizarse en la elaboración de pan

#### **6.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Utilizar el porcentaje adecuado de sustitución de las harinas procedentes de otros cereales y tubérculo.
- Analizar las propiedades reológicas de las mezclas de harinas.
- Determinar la calidad nutricional de las masas obtenidas con las mezclas con harinas de cereales

#### **6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

El proyecto de investigación es de tipo tecnológico, ya que con ello se puede implementar una nueva metodología en la elaboración de pan y fideos, para de esta forma lograr que un producto de bajo costo y con mejores características nutricionales.

El análisis de factibilidad además es de carácter socio económico y ambiental, ya que se podrá potenciar la siembra de estos cereales, bajando así los costos de producción, y dando lugar al mejoramiento de los sembríos y aumentado la calidad de los cereales cultivados. Logrando así bajar las importaciones de trigo destinados para la elaboración de pan y pastas alimenticias.

A continuación se detalla los costos de elaboración de pan con harinas de otros cereales.

Costos de materia prima para elaborar un pan popular con la siguiente formulación:

**Tabla 44. Formulación para la Elaboración de Pan**

<b>Formulación</b>	<b>Trigo nac.</b>	<b>Cebada</b>	<b>Maíz</b>	<b>Quinua</b>	<b>Papa</b>
Harina de trigo	70%	70%	80%	80%	80%
Harina sustituta	30%	30%	20%	20%	20%
Manteca	15%	15%	15%	15%	15%
Azúcar	10%	10%	10%	10%	10%
Sal	2%	2%	2%	2%	2%
Levadura	3%	3%	3%	3%	3%
Agua	55%	55%	55%	55%	55%

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

**Tabla 45. Balance de Costo para Pan con Harina de Trigo Nac.**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Harina de trigo CWRS	1 qq.	35.00	35.00
Harina de trigo nacional	13.5 kg.	7.29	7.29
Manteca Vegetal	6.8 kg.	9.75	9.75
Azúcar	4.5 kg.	6.75	6.75
Sal	0.9 kg.	0.33	0.33
Levadura	1.5 kg.	5.70	5.70
<b>Sub. Total</b>		<b>\$64.82</b>	
	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor total</b>	
Suministros	10%	6.48	
Equipo y maquinaria	10%	6.48	
Mano de obra	25%	16.21	
Imprevistos	5%	3.24	
Electricidad	5%	3.24	
Utilidad	20%	12.96	
<b>Sub. Total</b>		<b>48.61</b>	
<b>Balance total de costos</b>		<b>\$113.43</b>	

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Trigo de 60gr.} = \frac{\text{Costo Total}}{\# \text{ Pan}}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Trigo de 60gr.} = \frac{\$113.43}{1000}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Trigo de 60gr.} = \$0.11$$

**Tabla 46. Balance de Costo para Pan con Harina de Cebada**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Harina de trigo CWRS	1 qq.	35.00	35.00
Harina de cebada	13.5 kg.	30.00	30.00
Manteca Vegetal	6.8 kg.	9.75	9.75
Azúcar	4.5 kg.	6.75	6.75
Sal	0.9 kg.	0.33	0.33
Levadura	1.5 kg.	5.70	5.70
<b>Sub. Total</b>			<b>\$87.53</b>
	<b>Porcentaje</b>		<b>Valor total</b>
Suministros	10%		8.75
Equipo y maquinaria	10%		8.75
Mano de obra	25%		21.88
Imprevistos	5%		4.38
Electricidad	5%		4.38
Utilidad	20%		17.51
<b>Sub. Total</b>			<b>65.65</b>
<b>Balance total de costos</b>			<b>\$153.18</b>

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Cebada de 60gr.} = \frac{\text{Costo Total}}{\# \text{ Pan}}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Cebada de 60gr.} = \frac{\$153.18}{1000}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Cebada de 60gr.} = \$0.15$$

**Tabla 47. Balance de Costo para Pan con Harina de Maíz**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Harina de trigo CWRS	1 qq.	35.00	35.00
Harina de maíz	9 kg.	10.27	10.27
Manteca Vegetal	6.8 kg.	9.75	9.75
Azúcar	4.5 kg.	6.75	6.75
Sal	0.9 kg.	0.33	0.33
Levadura	1.5 kg.	5.70	5.70
<b>Sub. Total</b>	<b>\$67.80</b>		
	<b>Porcentaje</b>	<b>Valor total</b>	
Suministros	10%	6.78	
Equipo y maquinaria	10%	6.78	
Mano de obra	25%	16.95	
Imprevistos	5%	3.39	
Electricidad	5%	3.39	
Utilidad	20%	13.56	
<b>Sub. Total</b>		<b>50.85</b>	
<b>Balance total de costos</b>		<b>\$118.65</b>	

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009



$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Maíz de 60gr.} = \frac{\text{Costo Total}}{\# \text{ Pan}}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Maíz de 60gr.} = \frac{\$118.65}{1000}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Maíz de 60gr.} = \$0.12$$

**Tabla 48. Balance de Costo para Pan con Harina de Quinua**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Harina de trigo CWRS	1 qq.	35.00	35.00
Harina de quinua	9 kg.	37.71	37.71
Manteca Vegetal	6.8 kg.	9.75	9.75
Azúcar	4.5 kg.	6.75	6.75
Sal	0.9 kg.	0.33	0.33
Levadura	1.5 kg.	5.70	5.70
<b>Sub. Total</b>			<b>\$95.24</b>
	<b>Porcentaje</b>		<b>Valor total</b>
Suministros	10%		9.52
Equipo y maquinaria	10%		9.52
Mano de obra	25%		23.81
Imprevistos	5%		4.76
Electricidad	5%		4.76
Utilidad	20%		19.05
<b>Sub. Total</b>			<b>71.42</b>
<b>Balance total de costos</b>			<b>\$166.66</b>

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Quinoa de 60gr.} = \frac{\text{Costo Total}}{\# \text{ Pan}}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Quinoa de 60gr.} = \frac{\$166.66}{1000}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Quinoa de 60gr.} = \$0.16$$

**Tabla 49. Balance de Costo para Pan con Harina de Papa**

<b>Ingredientes</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Harina de trigo CWRS	1 qq.	35.00	35.00
Harina de papa	9 kg.	20.00	20.00
Manteca Vegetal	6.8 kg.	9.75	9.75
Azúcar	4.5 kg.	6.75	6.75
Sal	0.9 kg.	0.33	0.33
Levadura	1.5 kg.	5.70	5.70
<b>Sub. Total</b>			<b>\$77.53</b>
	<b>Porcentaje</b>		<b>Valor total</b>
Suministros	10%		7.75
Equipo y maquinaria	10%		7.75
Mano de obra	25%		19.38
Imprevistos	5%		3.87
Electricidad	5%		3.87
Utilidad	20%		15.51
<b>Sub. Total</b>			<b>58.13</b>
<b>Balance total de costos</b>			<b>\$135.66</b>

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Papa de 60gr.} = \frac{\text{Costo Total}}{\# \text{ Pan}}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Papa de 60gr.} = \frac{\$135.66}{1000}$$

$$\text{Costo Unitario de Pan con Harina de Papa de 60gr.} = \$0.14$$

**Tabla 50. Costo Unitario de Pan con Harina Sustituta**

<b>Harina Sustituida</b>	Trigo Nac.	Cebada	Maíz	Quinoa	Papa
<b>Costo</b>	0.11	0.15	0.12	0.16	0.14

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

## 6.6 FUNDAMENTACIÓN

El pan y otros productos de cereales se han convertido en alimentos básicos en todo el mundo y se consideran actualmente como parte integral de nuestras dietas.

Los productos de panadería tienen una mayor demanda en nuestro país, al ser estos enriquecidos con harinas procedentes de otros cereales y tubérculo, se aumenta su valor nutritivo, además de fomentar la agroindustria del país, bajando de esta manera también el costo de los cereales utilizados y por lo tanto también el costo del pan lo que beneficiaría a los sectores más pobres del país.

Se puede apreciar en la tabla 50, que el costo aproximado de estos productos es relativamente igual al del pan que se expende en las panaderías del país, pero hay que tomar en cuenta que este pan con

harinas de otros cereales y tubérculo, son más nutritivas y presentan grandes aportes de minerales, vitaminas y aminoácidos esenciales.

Se recomienda el consumo de estos productos ya que son un alimento muy nutritivo, rico en vitaminas, minerales, y proteínas, siendo este un complemento en las dietas pobres en vitaminas y minerales esenciales.

La adición de harinas de otros cereales no afecta la tecnología de la elaboración de pan, todos estos procesos que han sido diseñados tienen una finalidad común y muy simple; la conversión de la harina en un alimento esponjoso y apetitoso. La consecución de este objetivo se logra a través de una serie de fases comunes, que detallaremos a continuación:

- La mezcla de agua y harina (trigo, otros cereales o tubérculo) junto con levadura, sal y otros ingredientes particulares en proporciones antes mencionadas.
- El desarrollo de una estructura de gluten (proteínas hidratadas) en la masa mediante de aplicación de energía durante la mezcla, que se conoce normalmente como “amasado”.
- La incorporación de burbujas de aire durante el amasado de los ingredientes.
- El desarrollo continuado de la estructura de gluten que se forma como resultado del amasado, cuya finalidad es modificar las propiedades reológicas de la masa y mejorar su capacidad de expansión cuando aumenta la presión del gas al generarse dióxido de

carbono durante la fermentación. Esta fase del proceso suele denominarse “maduración” de la masa.

- La generación o modificación de las sustancias que componen el sabor y aroma específicos de la masa.
- La subdivisión de la masa en piezas unitarias.
- La modificación preliminar de la forma de esas piezas unitarias.
- Un tiempo de reposo que pretende modificar las propiedades física y reológicas de la pieza.
- El boleado de las piezas para lograr las formas requeridas en la panificación
- La fermentación y la expansión de las piezas conformadas durante el reposo.
- La expansión posterior de las piezas y la fijación de la estructura final durante el horneado.

## **6.7 METODOLOGÍA MODELO OPERATIVO**

Para la elaboración de pan con harinas de otros cereales y tubérculos seguimos el procedimiento normal, teniendo en cuenta que el proceso debe ser lo más inocuo posible para garantizar la calidad del producto.

**Tabla 51. Modelo Operativo (Plan de acción)**

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Tiempo</b>
1. Formulación de la propuesta	Uso de Harina de Cereales y tubérculo en la elaboración de pan y pastas	Revisión bibliográfica y Caracterización funcional	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 3300	4 meses
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Cronograma de la propuesta.	Pruebas Preliminares sobre Panificación	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 500	1 mes
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Aplicación de Tecnología de elaboración de pan	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 700	1 mes
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación.	Encuestas a consumidores	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	\$ 200	2 meses

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

## 6.8 ADMINISTRACIÓN

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. María Rodríguez, Ing. Mayra Paredes y Egda. Liliana Cerda.

**Tabla 52. Administración de la Propuesta**

<b>Indicadores a mejorar</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
Productos de calidad con alto valor nutricional.	Productos de panificación y pastas alimenticias elaborados con harina de trigo importado en un 100%	Reducción de las importaciones de trigo. Utilización de harina de cereales y tubérculos nacionales.	Determinar los mejores porcentajes de sustitución. Realizar pruebas de panificación. Determinar el comportamiento de las harinas en la formación de la masa panaria.	Investigador: Liliana Cerda, Ing. María Rodríguez, Ing. Mayra Paredes

**Elaborado por:** Liliana Cerda, 2009

## 6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Tabla 53. Previsión de la Evaluación

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología</li> <li>- Panificadores del País.</li> <li>- Molineros del País.</li> </ul>
¿Por qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar la calidad de los productos</li> <li>- Corregir errores en % sustituidos</li> </ul>
¿Para qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar que porcentaje de sustitución actúa de mejor manera.</li> </ul>
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología utilizada.</li> <li>- Materias primas.</li> <li>- Resultados obtenidos</li> <li>- Producto terminado</li> </ul>
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Director del proyecto</li> <li>- Tutor</li> <li>- Calificadores</li> </ul>
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todo el tiempo desde las pruebas preliminares, hasta la obtención del producto.</li> </ul>
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediante instrumentos de evaluación.</li> </ul>
¿Con qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Experimentación.</li> <li>- Normas establecidas</li> </ul>

Elaborado por: Liliana Cerda, 2009



## **CAPITULO VII**

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. BADUI D. S., 1993, “Química de los Alimentos”, Longman Editores S.A., México, Pág. 123 – 203. 138
2. BEUKEMA H.P.; Van der Zaag, D.E. 1990. Introduction to Potato Production, Pudoc Wageningen, The Netherlands.
3. BARTHOLOMAI G, PILOSOFF, 2000, “Caracterización Funcional y Estructural de Proteínas”, CYTED, Editorial Universitaria, Buenos Aires – Argentina, Pág. 17 – 28, 31 – 38, 75 – 93, 169 – 173, 175 – 178.
4. BELITZ D.H, GROSCH W., 1974, “Química de los Alimentos”, Editorial Acribia, Zaragoza – España, Pág. 7 – 71. 537 – 582.
5. CALAVERAS J; 1996, “Tratado de Panificación y Bollería”, Primera Edición, Mundi – Prensa Libros S.A., Madrid – España, Pág. 83 – 89,
6. CHERRY, J.P., 1981, “Protein Functionality in Foods”, ACS Symposium Series 147, American Chemical Society, Washintongton D.C.

7. DÍAZ D. P., 2006, “Elementos de Análisis Cualitativo y Cuantitativo en Proteínas del Gluten de Trigo”, Archivos Latinoamericanos de nutrición, 66(4): 360 – 369.
8. EZETA F. N, “Producción de Semilla de Papa en Latinoamérica”, Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado 1558, Lima 12, Perú.
9. HSIEH F, MARTIN D, BLACK H, Y TIPLESS K.; 1980, “Some factors affecting the first break grinding of Canadian wheat, Cereal Chemistry 57 (1), Pág. 219.
10. KINSELLA, J. E., 1981, “Functional properties of protein in food: A survey”, Crit. Rev. Food Sci Nutr., Pág. 14
11. KINSELLA J. E., FOX P. F.; 1986, “Water sorption by protein: Milk and whey protein, CRC Crit. Rev, Food Sci. Nutr. 24: 91 – 139.
12. KOBREHEL, K Y MATIGNON B.; 1980; “Solubilization of protein with soaps in relation to the bread making properties of wheat flours”, Cereal Chemistry 57(1), Pág. 73.
13. LI – CHAN E., 1983, “Heat – induced changes in the proteins of whey protein concentrate”, Journal of Food Science, 48: 47.
14. FENNEMA OWEN R., 2000, “Química de los Alimentos”, Editorial Acribia, Segunda edición, Zaragoza – España; Pág.
15. PAZMIÑO J, SALAVARRÍA, 1982, “Evaluación de mezclas de Harinas de Trigo ecuatoriano e importado para Panificación”, Tesis de Grado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Pág. 6 – 26.
16. RECALDE H, RODRIGUEZ M, 2003, “Utilización de las enzimas  $\alpha$  – amilasas y xilanasas con ácido l – ascórbico como mejorantes de las cualidades panarias en la harina de trigo”, Tesis de Grado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Pág. 18 – 20.
17. RODRIGUEZ M. “La producción y el comercio de la papa en el contexto internacional y latinoamericano”, Unidad Agrícola de la CEPAL, XXI Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa.

18. STANLEY P., 2002; “Fabricación de Pan”, Editorial Acribia; Primera Edición; Zaragoza – España; Pág. 309 – 320.
19. URBANO J y MONGE; 1966, “Análisis farinográfico y rendimiento de 25 variedades de trigo.”, Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria, Quito – Ecuador, Pág. 1 – 18.
20. M.M Suarez, A. Kislansky y L. B. López, "Evaluación de la calidad de las Proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad"
21. HERMANSSON, A. M. (1978). “Physico – chemical aspects of soy protein structure formation”. J. Texture, Stud., 9., p.p. 33 – 58.
22. RUBIOLO OJ, MOIRAGHI M, (1996) “Evaluación de la calidad industrial de líneas avanzadas de triticale”, Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
23. BEVERIDGE T, TOMA S. J. Y NAKAI, (1974), “Determination of SH and SS – groups in some food proteins using Ellman’s Reagent”, Journal of Food Science, volume 39, pag. 49 – 51.
24. “El Rol de los pentosanos, del grupo tiol y de las grasas en la harina - Características reológicas de la masa”; Ciencias Básicas de la Panificación, Revista Panera, Pág. 34 – 36.
25. “El Almidón Dañado y su Impacto en la Panificación”; Ciencias Básicas de la Panificación, Revista Panera, Pág. 7 – 8.
26. B.Q. VIVES BOLAÑOS Nuria, MSc. RAMÍREZ HERRERA Carlos. Manual de Laboratorio de Química de Alimentos. 200. Universidad de Costa Rica, Escuela de Química, Costa Rica.
27. MELLADO Z. Mario; 1999; “Mejoramiento de Trigos Harineros (*Triticum aestivum L.*) en la Zona Centro Sur de Chile. III. Contenido y Producción de Proteína, y Volumen de Sedimentación en Trigos

- Invernales, Alternativos y Primaverales” Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu.
28. SOTO ORTIZ Roberto MsC.; PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN CALIDAD DE TRIGO EN EL INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS.
  29. LINLAUD, N.; PUPPO, M. C.; FERRERO, C., 2007, “Absorción de agua en harinas aditivadas con distintos hidrocoloides”, Congreso XI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. CYTAL.. 2007
  30. RYDINGS Mari, 2002, “Cuando la Harina y el Agua”, BSI magazine.
  31. ZAGAL J. H., HENRIQUEZ J. J. HH; 2000, “Potentiometric Response of a Graphite Electrode modified with Cobalt Phthalocyanine for thiols and disulfides”, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Pág. 237 – 242.
  32. TAPIA, M et al, 1979, “Quinoa y Kaniwa”. Cultivos andinos. CUD, Oficina Regional para America Latina. Bogota. 1979
  33. JUNOVICH ANALIA, 2003, “LA QUINUA EN EL ECUADOR”, SICA, [censo@sica.gov.ec](mailto:censo@sica.gov.ec).
  34. SIAP: [www.siap.bob.mx](http://www.siap.bob.mx)
  35. SICA: [www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)
  36. Agrosistemas, 1996, [agroweb@agrosistemas.es](mailto:agroweb@agrosistemas.es)
  37. INFOAGRO: <http://www.infoagro.com>
  38. MAG: <http://www.mag.gov.ec>
  39. <http://www.cwb.ca/markets/>
  40. <http://www.agropanorama.com>
  41. <http://www.ultimahora.com/notas/196360->
  42. <http://www.sica.gov.ec/cadenas/semillas/docs/SEMILLAS%20AMERIC A%20SUR.htm>
  43. [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP\\_AG/Trigo/Descripcion.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/SP_AG/Trigo/Descripcion.pdf)

44. <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/importancia.html>
45. <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.asp>
46. [http://www.wikilearning.com/monografia/valor\\_nutricional\\_de\\_la\\_quinua-composicion\\_quimica\\_de\\_la\\_quinua/24014-](http://www.wikilearning.com/monografia/valor_nutricional_de_la_quinua-composicion_quimica_de_la_quinua/24014-)
47. <http://www.molecularstation.com/es/protein/protein-concentration/>
48. <http://www.uprm.edu/biology/profs/castillo/lab4inmuno.htm>
49. <http://www.gebirg.com/Panaderia/HARINAS.htm>
50. [http://www.panera.com.pe/revistas/Rev7/rev07\\_7-8\\_Internacional2.pdf](http://www.panera.com.pe/revistas/Rev7/rev07_7-8_Internacional2.pdf)
51. [www.panera.com.pe/revistas/.../10-Formando\\_Masas1\\_rev15.pdf](http://www.panera.com.pe/revistas/.../10-Formando_Masas1_rev15.pdf)

# ANEXOS

## ANEXO A

## ANEXO A – 1 PORCENTAJE DE GLUTEN

CDU 664.641.1.014:664:236

AL 02.02-313

Norma Ecuatoriana	<b>HARINA DE TRIGO DETERMINACIÓN DE GLUTEN</b>	<b>INEN 529 1980 - 12</b>
<b>1. OBJETO</b>		
1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de gluten en harinas de trigo, lo cual sirve la calidad de las harinas en sus diferentes usos.		
<b>2. ALCANCE</b>		
2.1 Esta norma describe las siguientes determinaciones:		
<ul style="list-style-type: none"><li>- Gluten húmedo</li><li>- Gluten seco</li></ul>		
<b>3. TERMINOLOGÍA</b>		
3.1 <i>Gluten</i> .- Es el producto plástico – elástico compuesto principalmente por las proteínas gluteninas y gliadinas insolubles en agua y extraídas mediante procedimientos normalizados.		
3.2 <i>Glutenina</i> .- Es la porción de gluten (glutelina) a la que se le atribuye al papel de dar firmeza y fuerza a la harina, se encuentra en las semillas de la gramínea junto con el almidón.		
3.3 <i>Gliadina</i> .- Es la porción del gluten (prolamina) que actúa como el adhesivo y mantiene unidas las partículas de glutenina.		
<b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b>		
4.1 Para determinar el contenido de gluten en las diferentes harinas de trigo, puede usarse cualquiera de los métodos descritos en esta norma. En casos de discrepancia o litigio, debe usarse el método de determinación del gluten húmedo.		
4.2 El material que se use debe estar debidamente estandarizado e inspeccionado.		
<b>5. DETERMINACIÓN DEL GLUTEN HUMEDO</b>		
<b>5.1 Principio</b>		
5.1.1 Preparar la harina de trigo una masa con solución de cloruro de sodio. Aislar el gluten de la masa mediante lavado salino y agua, luego secar y pesar el residuo.		

**5.2 Instrumental**

- 5.2.1 Cápsula de porcelana o de otro material inalterable a las condiciones de ensayo.
- 5.2.2 Mortero de porcelana, barnizado interiormente, o de metal esmaltado de 10 a 15 cm de diámetro.
- 5.2.3 Espátula de cuerno de 18 a 20 cm de longitud.
- 5.2.4 Bureta de 10 cm<sup>3</sup> con graduaciones al 0.1 cm<sup>3</sup>.
- 5.2.5 Extractor de gluten, con disco excéntrico y mecanismo tensor para gasa de seda; el disco debe dar 80 revoluciones por minuto.
- 5.2.6 Cronómetro, capaz de medir pequeños intervalos de tiempo.
- 5.2.7 Recipiente de agua, botella tubular con gasto regulable (cantidad de fluido que sale por un orificio en unidad de tiempo).
- 5.2.8 Marco de madera, de 30 por 40 cm, revestido de gasa para sémola No 56.
- 5.2.9 Placa de vidrio, ligeramente deslustrada, de 40 por 40 cm.
- 5.2.10 Guantes de caucho delgado y de superficie lisa.
- 5.2.11 Prensa para gluten, sistema Berliner, cuya distancia entre placas debe ser de 2.4 mm. Para comprobar la distancia entre las placas, calentar suavemente un trozo de cera o de parafina, aplastar en la prensa y medir el espesor de la placa obtenida, valiéndose de un tornillo micrométrico.
- 5.2.12 Balanza analítica, sensible al 0.01gr.

**5.3 Reactivos**

- 5.3.1 Solución al 2% de cloruro de sodio (pH 6.2). Disolver 200 gr de cloruro de sodio químicamente puro, 7.54 gr de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y 1.4 gr de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, en 10 litros de agua destilada. La solución debe prepararse cada día que se use.
- 5.3.2 Solución 0.001 N de yodo, debidamente estandarizada.

**5.4 Preparación de la Muestra**

- 5.4.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpio, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
- 5.4.2 La cantidad de muestra de harina extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.



5.4.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

## 5.5 Procedimiento

5.5.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

5.5.2 Pesar, con aproximadamente al 0.01 gr, aproximadamente 10 gr de muestra preparada y verter cuidadosamente en el mortero de porcelana o de metal esmaltado.

5.5.3 Agregar gota a gota 5.5 cm<sup>3</sup> de la solución de cloruro de sodio (ver 5.3.1), remover continuamente la harina con espátula, comprimir la mezcla con la espátula, cuidando de no perder nada de harina y formar una bola de masa. La masa adherida a la pared del mortero añadir a la bola de masa.

5.5.4 Para homogenizar la masa, se la enrolla con la palma de la mano sobre la placa de vidrio deslustrada, hasta que tenga una longitud de 7 a 8 cm, luego se la vuelve a dar forma de bola y se repite el amasado de la misma manera 5 veces. La mano que efectúa la homogenización debe estar revestida de un guante de caucho, con el fin de proteger la masa del calor y de la transpiración.

5.5.5 *Lavado a mano.* Dejar caer un ligero chorro de agua (el que de estar a la temperatura ambiente) sobre la bola de masa formada y que se encuentra en la palma de la mano. El ritmo del goteo debe ser tal que aproximadamente 0.75 litros de agua desagüe en 8 minutos. Durante este tiempo se prensa alternativamente la masa y se la retira siete veces, de forma que se parta en dos trozos que se juntan enseguida. La duración del lavado depende del contenido de la masa en gluten; sin embargo, debe ser aproximadamente la misma siempre y no rebasar 8 minutos, si es posible.

5.5.6 *Lavado con el extractor de gluten.* Colocar la bola de masa sobre la gasa de seda, ligeramente tensa, del extractor. Mojar la masa con un ligero chorro de agua y colocar en su sitio el disco excéntrico. El lavado dura 10 minutos tiempo en cual debe gastarse aproximadamente unos 400 cm<sup>3</sup> del chorro de agua.

5.5.7 Al lavado mecánico del gluten sigue un lavado a mano, cuya duración, en general, no debe exceder de 2 minutos. Se puede considerar terminada la extracción de gluten cuando el agua de lavado no lleve almidón, lo que se comprueba usando la solución 0.001 N de yodo.

5.5.8 Deprender de la bola de gluten la mayor parte de la solución de lavado adherente, tomando a ésta con la punta de los dedos de la mano y sacudiéndola 3 veces brevemente con fuerza. Luego estirar suavemente el gluten en lámina delgada, manteniéndolo entre los dedos, llevar a la prensa y cerrarla. Abrir a los cinco segundos, llevar la lámina del gluten a sitio seco sin deformarla. Prensar nuevamente, realizando esta operación 15 veces, secando bien la superficie de vidrio después de cada prensado.

5.5.9 Pesar el gluten con aproximación al 0.1 gr.

## 5.6 Cálculos

- 5.6.1 El contenido de gluten húmedo en la harina de trigo se calcula multiplicando por 10 el peso obtenido, según 5.5.9, y se expresa en porcentaje de masa.

## **6. DETERMINACIÓN DEL GLUTEN SECO**

### **6.1 Instrumental**

- 6.1.1 Estufa con regulador de temperatura ajustado a  $100 \pm 5$  °C;

### **6.2 Procedimiento**

- 6.2.1 La bola de gluten, obtenida según 5.5.9, introducir en la estufa calentada a  $100 \pm 5$  °C, calentarla por un tiempo de 24 horas, enfriar en desecador y pesar.
- 6.2.2 Repetir el calentamiento por períodos de 2 horas, enfriando y pesando, hasta que no haya disminución de la masa. Este valor corresponde al gluten seco.

### **6.3 Cálculos**

- 6.3.1 El contenido de gluten seco en la harina de trigo se calcula multiplicando por 4 el peso obtenido según 6.2.2 y se expresa en porcentaje de masa (ver Anexo A).

## **7. ERRORES DE METODO**

- 7.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder del 0.5%. Si la desviación es mayor, se realiza una tercera determinación y la media de las tres determinaciones efectuadas se debe tomar como expresión del contenido de gluten. Si la desviación encontrada entre los valores más altos y más bajos en los tres ensayos es mayor del 1%, se debe proceder a la cuarta determinación.

## **8. INFORME DE RESULTADOS**

- 8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.
- 8.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado
- 8.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

**ANEXO A**

A.1 Equivalencias del contenido de gluten en el trigo, en porcentaje de masa.

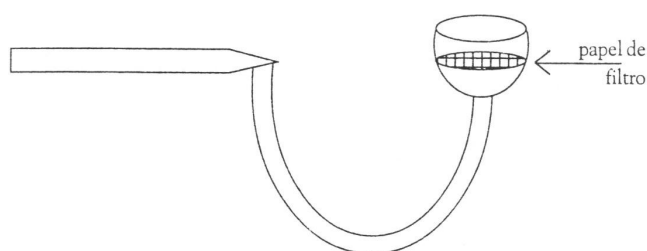
Gluten %	Equivalencia
Más de 13	Excepcional
De 10,1 – 13	Muy alto
De 8,1 – 10	Alto
De 6,1 – 8	Mediano
De 4,1 – 6	Bajo
Inferior a 4	Muy bajo

## ANEXO A – 2

### ABSORCIÓN DE AGUA

#### Equipo

El equipo ha sido propuesto por Torgersen y Toledo (1977) y es una modificación del aparato diseñado por Baumann (1966). Consiste de un filtro bacteriológico Millipore de 4 cm de diámetro, o un filtro Buchner en el cual se coloca un papel de filtro (tipo Whatman o similar). El filtro está conectado mediante una manguera flexible a una pipeta graduada de 1 o 2 ml, sostenida en posición horizontal y al mismo nivel que el papel de filtro.



#### Metodología

El equipo mantenido en un ambiente de temperatura constante se llena con agua, evitando la incorporación de burbujas y se coloca el papel de filtro dejando que embeba agua aproximadamente 5 min. Con un papel absorbente se elimina el exceso de agua sobre el papel de filtro hasta lograr enrasar en cero la columna en la pipeta. Se deja 5 – 10 min para verificar la nivelación del equipo (en este tiempo no debe variar la posición del menisco de agua).

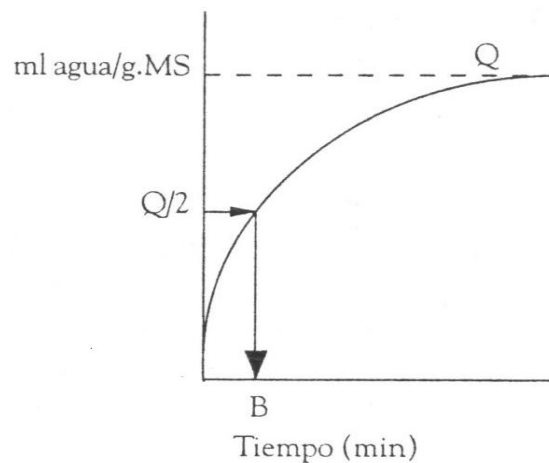
50 – 100 mg de muestra pesada al  $\pm 0.1$  mg se esparcen rápidamente formando una capa uniforme sobre el papel filtro mojado mientras se dispara un cronómetro.

Se registra el retroceso de la columna de agua en la pipeta en función del tiempo hasta que ésta no varíe más. El tiempo para llegar al valor de equilibrio puede variar entre 5 minutos y 2 horas, dependiendo del tipo de proteína y granulometría de la muestra.

### Curvas de Absorción de agua

La cantidad de agua absorbida ( $q$ ) a cada tiempo se expresa como ml de agua/g masa seca (MS) y se gráfica en función del tiempo.

Los ml agua/g MS cuando las curvas llegan a la meseta representan la capacidad de absorción de agua ( $Q$ ) de la muestra.



### Ecuación para modelar las curvas de absorción de agua

Para describir matemáticamente las curvas, se utiliza la siguiente ecuación a dos parámetros (Pilosof et al., 1985).

$$q = \frac{Q t}{(B + t)}$$

Donde q se refiere a la cantidad total de agua absorbida en el tiempo t; Q es la máxima capacidad de absorción de agua; B se refiere al tiempo necesario para absorber la mitad de la cantidad máxima de agua (Q/2),

Para obtener Q y B se puede utilizar cualquier programa de computación que permita realizar regresiones no lineales.

## ANEXO A – 3

### ESTABILIDAD DE GELES

La secuencia de eventos involucrados en la transformación, por calentamiento de una solución proteica a un gel puede representarse en varias etapas (Foegeding and Hamann, 1992). Una primera etapa en la cual la proteína se desnaturaliza por acción del calor. Luego las moléculas proteicas interaccionan entre sí. En un cierto tiempo se llega al "punto gel" donde la interacción es suficientemente importante como para generar una matriz primaria que exhibe propiedades de sólido viscoelástico. Estas propiedades pueden ir cambiando con el tiempo y el enfriamiento hasta formar la matriz de equilibrio o sea la estructura final del gel.

Existen básicamente dos teorías para describir la gelificación: la teoría de Flory – Stockmayer (1953-1974), y la teoría de la percolación atribuida a De Gennes (1979).

Según el modelo de Flory — Stockmayer, la gelificación es un evento súbito que ocurre cuando es alcanzado un cierto grado de entrecruzamiento entre el polímero, valor crítico llamado punto gel, en el cual la viscosidad diverge a infinito. En la teoría de la percolación se asume que los monómeros forman agregados pequeños y que en un cierto punto se llega al punto gel en el cual los agregados se entrecruzan.

#### **Técnicas de gelificación**

La gelificación involucra el calentamiento a distintas temperaturas y distintos tiempos de dispersiones proteicas de concentración apropiada en

tubos de ensayo sellados, latas selladas, envoltorios para salchichas, etc., y enfriamiento posterior. Las condiciones de temperatura y tiempo a utilizar son propias de cada proteína y estarán determinadas en función de la temperatura de desnaturalización de la misma en las condiciones del ensayo.

La gelificación puede ocurrir durante el calentamiento (proteínas de soja, clara de huevo, proteínas de lactosuero) o luego del enfriamiento (gelatina, lisozima) dependiendo de la proteína y condiciones de gelificación.

La concentración de proteína es uno de los factores más importantes que determinan las características finales de los geles. La mayoría de las proteínas exhiben una concentración mínima, por debajo de la cual no gelifican.

### **Metodología para el seguimiento experimental de la gelificación**

La esencia del proceso de gelificación es sin duda el punto gel es decir el punto donde ocurre la transformación de líquido a sólido. Esto indica que las propiedades que caracterizan esta transición son fundamentalmente mecánicas. Pero el método para determinadas debe cumplir ciertos requerimientos; la medición debe ser muy rápida, no debe perturbar el sistema fuera del rango de respuesta lineal, debe proveer magnitudes físicas objetivas e indicadoras de las características de la red formada. Estos requerimientos eliminan a los métodos transientes como las mediciones de “creep” o de relajación del esfuerzo (stress relaxation), quedando solamente los métodos reológicos dinámicos en los cuales se aplica un esfuerzo o deformación oscilatoria, como la única alternativa de seguimiento de la gelificación.



## ANEXO A – 4

### DETERMINACIÓN DE GRUPOS DISULFURO Y SULFHIDRILO

#### Determinación de sulfhidrilos libres

#### Materiales y equipos

- Tris; glicina; EDTA; ácido 5,5' -ditiobis- 2-nitrobenzoico (DTNB); urea; todos los reactivos deben ser de grado analítico.
- pHmetro
- Centrífuga
- Espectrofotómetro

#### Procedimiento

Los grupos sulfhidrilo pueden ser determinados por el método de Beveridge et al. (1974). Una solución de la muestra proteica es preparada en buffer Tris 0,086 M. – glicina 0,09 M – EDTA 0,006 M – urea 8 M (pH 8,0). A 3 ml de la solución, 30 µl de DTNB (4 mg/ml buffer Tris – glicina, pH 8.0) son adicionados y la absorbancia a 412 nm medida 10 min después. Blancos de muestra y de reactivo son incluidos para cada determinación y los análisis son realizados por triplicado.

El método no puede ser usado para proteínas que no se disuelven en el buffer. La turbidez del medio de reacción debe ser eliminada por filtración o centrifugación. Blancos adecuados deben ser medidos separadamente y substraídos de la absorbancia de la solución de las muestras ya que el

propio reactivo, y en algunos casos las muestras, presentan alguna absorbancia a 412 nm.

La reacción es cuantitativa en la mayoría de los casos siempre y cuando se tomen las debidas precauciones, así como el uso de agentes desnaturalizantes. En las condiciones del ensayo para la determinación de SH, el DTNB también reacciona con tiamina, sulfito, tiosulfato, sulfuro de hidrógeno, cianuro, sulfuro, y todas las sustancias que contengan un anión sulfurado a pH 8. Por lo tanto, tales interferencias deberán ser eliminadas de la solución de la muestra.

### **Determinación de disulfuros**

La determinación de uniones disulfuro puede ser realizada de acuerdo con Li – Chan (1983) a partir de la determinación de sulfhidrilos totales. Una cantidad adecuada de la muestra proteica es solubilizada en 10 ml de buffer Tris – glicina – EDTA (pH 8) con 10 M de urea y 2% de B – mercaptoetanol. Después de 1 h de incubación a temperatura ambiente, 10 ml de ácido tricloroacético 24% (TCA) son adicionados y las muestras centrifugadas. El pellet es resuspendido (dos veces) en 10 ml de TCA 12% y finalmente disuelto en buffer Tris – glicina – EDTA (pH 8) con urea 8 M. A 3 ml de esta solución se adicionan 50 µl de DTNB y la absorbancia a 412 nm es determinada después de 10 min. La mitad del valor resultante después de substraer el contenido de sulfhidrilos (SH) libres del total de SH es definida como una medida del contenido de disulfuros (SS). Blancos de muestra y de reactivo son incluidos para cada determinación y los análisis son realizados por triplicado.

## **Determinación de grupos disulfuro y sulfhidrilo totales**

Uno de los métodos más habituales para determinar el contenido de grupos disulfuro es el método de Thannhausser et al. (1984). El mismo se basa en la reducción con  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  de las uniones disulfuro presentes en la proteína, originándose por cada unión rota un grupo sulfhidrilo libre y un grupo sulfonato y el posterior dosaje con NTSB de los grupos sulfhidrilos generados.

Si la muestra a ensayar no posee grupos sulfhidrilos libres esta técnica permite determinar el contenido de grupos disulfuro presentes en la proteína.

Si la proteína problema posee además de grupo disulfuro, grupos sulfhidrilos libres, al aplicar esta técnica se determinarán los sulfhidrilos totales ( $\text{SH}_T = \text{SH libres} + \text{SH generados por ruptura de los SS}$ ). En este caso si se desea conocer el número de uniones disulfuro presentes deberá restarse del contenido de sulfhidrilos totales obtenidos por el método de Thannhausser el valor de SH libres determinados con el reactivo de Ellmans de acuerdo a la técnica descrita anteriormente (Beveridge et al, 1974).

### **Preparación del reactivo**

**Solución madre.** Se disuelven 0,1 g de DTNB en 10 ml de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  1M. El pH de la mezcla se ajusta a 7,5 y se adicionan 50  $\mu\text{l}$  de solución amoniacal de  $\text{CuSO}_4$  0,1 M. La reacción se inicia por agitación en un baño termostatzado a 38°C, a 120 oscilaciones por minuto y se detiene cuando

el 99% del NTSB se ha producido, lo que se determina por medida a 412 nm del NTB remanente.

La solución madre así preparada se almacena a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

**Solución de ensayo.** La solución NTSB empleada en el ensayo se prepara por dilución 1:100 de la solución madre en una solución fresca de Tris Base 0,2 M conteniendo  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  0,1 M, EDTA 10 mM y tiocianato de guanidinio 3M. El pH de esta solución se ajusta antes de ser utilizada a 9.5 con HCl.

### **Procedimiento**

Para llevar a cabo la reacción se mezclan 70  $\mu\text{l}$  de la solución proteica problema (concentración aproximada 10mg/ml) con 1 ml de 2-nitro- 5-tiosulfobenzoato (NTSB) pH 9,5 recién preparado. Se deja desarrollar el color durante 15 minutos en la oscuridad y se determina la absorbancia a 412 nm utilizando como referencia NTSB ensayo.

Para transformar el valor de absorbancia obtenido en concentración de disulfuros o sulfhidrilos totales, se utiliza el coeficiente molar de extinción  $13600 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  y se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{SS o SH}_T = (75.53 (\text{DO}_1 - \text{DO}_2) 1000)/\text{VC}$$

Siendo

**SS o SH<sub>T</sub>**: la concentración de disulfuros o sulfhidrilos totales en la muestra ( $\mu\text{moles SH o SS/g proteína}$ )

**DO<sub>1</sub>**: la absorbancia a 412 nm de la muestra a los 15 min de agregado el reactivo

**DO<sub>2</sub>**: la absorbancia a 412 nm del blanco de reactivos

**V**: es el volumen de la muestra ( $\mu\text{l}$ ) agregado a 1 ml del reactivo de Thannhausser

**C** es la concentración de proteína en la muestra (mg/ml)

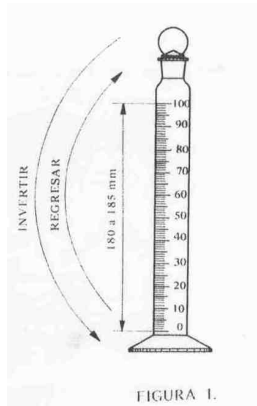
La concentración de proteínas de la muestra se determina por cualquiera de los métodos habituales, tales como el método de Lowry (Lowry et al, 1951) o el de Biuret (Gornall et al., 1949), dependiendo del tipo de muestra. Las determinaciones se deben llevar a cabo por duplicado.

## ANEXO A – 5

### VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN

CDU 633.11:543.66

AL 02.02-315

<b>Norma Ecuatoriana</b>	<b>HARINA DE TRIGO ENSAYO DE SEDIMENTACIÓN</b>	<b>INEN 531 1980 - 12</b>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar la calidad de la harina de trigo por el ensayo de sedimentación.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. APARATOS</b></p> <p>2.1 Molino, usual para moler trigo, a fin de obtener un producto en que sus partículas pasen a través del tamiz de 150 <math>\mu\text{m}</math>.</p> <p>2.2 Tamices, con abertura equivalente a 150 <math>\mu\text{m}</math> (ver INEN 154).</p> <p>2.3 Tapa y plato recolector, adecuado, para que el tamiz pueda ser insertado fácilmente en el.</p> <p>2.4 Cilindro de vidrio graduado, con tapa esmerilada, de 100 <math>\text{cm}^3</math> de capacidad. El espacio de graduación del cilindro debe tener una distancia de 180 a 185 mm, entre la marca cero en el fondo del cilindro y 100 en la cima o parte superior (ver Fig. 1).</p> <div data-bbox="699 1249 957 1653" style="text-align: center;"><p>FIGURA 1.</p></div> <p>2.5 Reloj cronómetro, medidor del tiempo.</p> <p>2.6 Máquina mezcladora, adecuada, ajustada a 40 movimientos por minuto.</p> <p>2.7 Balanza analítica, sensible al 0,1 mg</p>		

### 3. REACTIVOS

- 3.1 Solución entre el 90 – 100 % del alcohol isopropílico
- 3.2 Agua destilada, con un contenido de 4 mg de bromofenol azul por litro.
- 3.3 Solución 2,78 N de ácido láctico. Diluir 250 cm<sup>3</sup> de ácido láctico del 85% (reactivo para análisis) a 1000 cm<sup>3</sup> con agua destilada. Digerir la solución acida (valiéndose de un condensador de reflujo), por un tiempo de seis horas, sin que ésta pierda su volumen.
- 3.4 Solución 0,5 N de ácido láctico con solución al 20% de alcohol isopropílico. Mezclar 180 cm<sup>3</sup> de la solución 3.3 con 200 cm<sup>3</sup> de la solución 3.1 y completar a 1000 cm<sup>3</sup> con agua destilada. Dejar en reposo por 48 horas antes de ser usada.

### 4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 4.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios y secos (vidrio plástico u otro material inoxidable), y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.
- 4.2 La cantidad de muestra de harina de trigo extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa y no debe exponerse al aire mucho tiempo.
- 4.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

### 5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- 5.2 *Molienda.* Moler 200 g de trigo (ver 2.1). En caso de tener la harina, omitir la molienda.
- 5.3 *Tamizado.* Colocar el trigo molido o la harina de trigo sobre el tamiz de 150 µm, debajo de este colocar el plato recolector y encima la tapa. Sacudir por el tiempo de un minuto y medio, valiéndose de la mano o mecánicamente. El movimiento debe ser uniforme y circular.
- 5.4 *Mezclador.*  
Pesar, con aproximación al 0,1 mg, aproximadamente 3.20 g de la muestra preparada, transferirlo al cilindro de vidrio graduado, inmediatamente añadir 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada que contenga bromofenol azul y tapar; mezclar harina y agua con movimientos horizontales, longitudinales alternos, de derecha a izquierda en un espacio aproximado de 20 cm encada dirección; el movimiento debe ser de 20 veces en un tiempo de 5 segundos. Recoger la harina en suspensión que se adhiere a las paredes del cilindro durante el mezclado.

5.4.1 *Mezclado mecánico*. Colocar el cilindro graduado y su contenido en la máquina mezcladora (ver 2.6), agitar por cinco minutos. Sacar el cilindro y su contenido de la máquina y añadir 25 cm<sup>3</sup> de la solución 3.4, poner en la máquina el cilindro y agitar por otros cinco minutos. Sacar el cilindro de la máquina, colocar sobre una mesa en posición vertical y dejar en reposo por cinco minutos.

5.4.2 *Mezclado a mano*. Sacudir el cilindro con su contenido como se anota en 5.4, Esta acción debe realizarse invirtiendo y retornando el cilindro despacio y con movimientos, como se anotan en la Figura 1. Exactamente, cada movimiento debe realizarse 18 veces en un tiempo de 30 segundos. Dejar en reposo un minuto 30 segundos, añadir 25 cm<sup>3</sup> de la solución 3.4; mezclar inmediatamente, usando los movimientos indicados anteriormente, cuatro veces (ver Figura 1); dejar en reposo 1 minuto 45 segundos y nuevamente agitar el cilindro y su contenido por 30 segundos, dejar en reposo 1 minuto 30 segundos, agitar nuevamente 15 minutos más, e inmediatamente poner el cilindro en posición vertical y dejar en reposo por 5 minutos exactos.

## 6. VALOR DE SEDIMENTACIÓN

6.1 El valor de la sedimentación aparente está dado por lectura directa del volumen del producto, que se encuentra en el cilindro graduado en cm<sup>3</sup>.

6.2 Para obtener el valor real, aplicar el factor de corrección que consta en la Tabla 1.

**TABLA 1.** Factor de corrección para determinar el valor de sedimentación con 14% de humedad.

Humedad del grano de trigo (1)	Factor (2)	Humedad del grano de trigo (1)	Factor (2)
8.0	1.14		
8.5	1.10	12.5	0.98
9.0	1.07	13.0	0.98
9.5	1.05	13.5	0.99
10.0	1.03	14.0	1.00
10.5	1.01	14.5	1.02
11.0	1.00	15.0	1.04
11.5	0.99	15.5	1.07
12.0	0.98	16.0	1.10

6.3 El valor de sedimentación de la harina de trigo está muy ligado al contenido de cenizas, proteína y granulometría

6.3.1 Los factores indicados en la Tabla 1 compensan, el valor de sedimentación, de acuerdo a la variedad de trigo usado, dando un valor correcto, siempre que el valor básico de humedad sea del 14%.

6.3.2 El valor real correcto de sedimentación se obtiene (sobre una base 14% humedad) multiplicando el valor aparente de sedimentación obtenido por el valor apropiado que se indica en la Tabla 1.



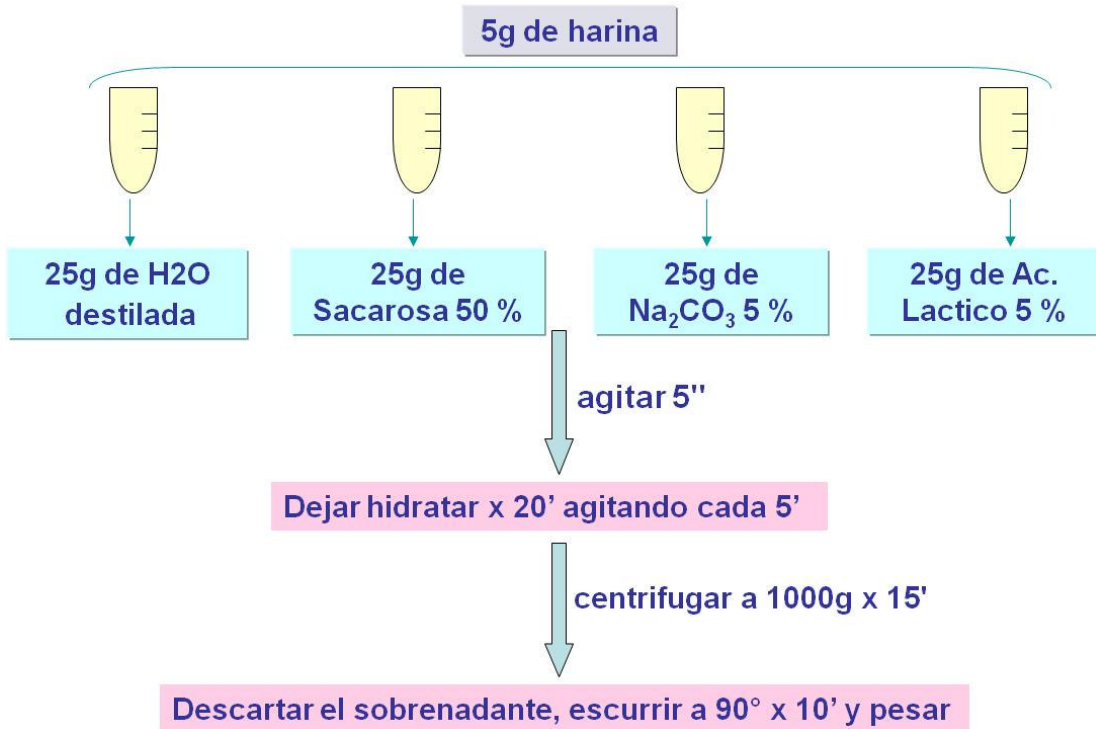
- 6.3.3 Para el trigo, el contenido de humedad debe ser determinado de acuerdo a lo descrito en la norma correspondiente y para la harina de trigo se aplicará el método que se indica en la Norma INEN 518.

## **7. INFORME DE RESULTADOS**

- 7.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.
- 7.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.
- 7.3 Deben incluirse todos los detalles para la completa identificación de la muestra.

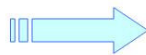
## ANEXO A – 6

### CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE SOLVENTES



#### % SRC H<sub>2</sub>O destilada

Galletitas → ≤ 51  
Pan → ≤ 57



Influido por todos los  
constituyentes de la harina

#### % SRC sacarosa

Galletitas → ≤ 89  
Pan → ≤ 96



Afectado por los  
pentosanos

#### % SRC carbonato de Na

Galletitas → ≤ 64  
Pan → ≤ 72



Depende de los niveles de  
almidón dañado

#### % SRC ac. láctico

Galletitas → ≥ 87  
Pan → ≥ 100



Esta relacionado con las  
gluteninas