

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE CIENCIAS QUIMICAS**



## **CARACTERIZACIÓN DE CUATRO PRODUCTOS DE HARINA DE TRIGO**

**Trabajo para optar al Título de  
Licenciatura en Ciencias Químicas**

**Postulante : Lidia Quispe Callisaya**  
**Tutor : Ph. D. Mauricio Peñarrieta Loria**  
**Tribunal : Ph. D. Romulo Gemio**

**La Paz-Bolivia**

**2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Al ser más grande por ser el motor de mi vida, Dios, pues Él es quien conoce los deseos de mi corazón, Él es mi fortaleza y mi inspiración para alcanzar mis sueños y dar lo mejor de mí en todo lo que emprendo, por su respaldo para poder terminar este proyecto a pesar de las adversidades que se presentaron.

Expreso un sincero agradecimiento a la empresa TORREMOLINOS SRL., por haberme acogido en sus instalaciones y brindado la oportunidad de desarrollarme como profesional y ampliar mis conocimientos en otra área; dichas enseñanzas, ayudaron para la elaboración del presente trabajo.

A mi tutor, Phd. Mauricio Peñarrieta por aportar con su tiempo y valioso conocimiento a favor de mi persona,

# DEDICATORIA

A aquella mujer que demostró valentía, esfuerzo y apoyo incondicional en la culminación de mis estudios universitarios y por hacer de mí una persona con sólidos valores éticos y morales, que me enseñó a no retirarme de la lucha, mi madre Irene, también a mi padre y hermanos, por estar junto a mí. A mi novio Henry por todo su amor, ánimo y ayuda incondicional y a su querida mamá Damiana. A todos mis queridos amigos por su interés y preocupación en la culminación de esta etapa estudiantil.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: partes del trigo.....	5
Figura2: Superficie cultivada de trigo según departamento.....	6
Figura 3: fotografía de gluten.....	17
Figura 4Representación esquemática de cambios que se producen en una mezcla de agua y almidón durante el calentamiento , enfriamiento y almacenamiento.....	20
Figura 5: Tamiz giratorio para control molienda en harina.....	21
Figura 6: Tester de humedad.....	25
Figura 7: Estación de inspección de harinas.....	26
Figura 8: a) Glutomatic b) Glutomatic en lavado.....	27
Figura 9: Centrifugadora de Gluten Index .....	28
Figura 10: mallas de la centrifuga.....	28
Figura 11: Plancha de horneado .....	29
Figura 12: Gluten seco.....	29
Figura 13: Mufia eléctrica.....	30
Figura 14: crisoles con muestra incinerada.....	30
Figura 15: Extractor Soxhlet.....	31
Figura 16: fotografía de la muestra en agitación magnética.....	32
Figura 17: Fotografía de la titulación.....	32

Figura 18: Tamizador giratorio.....	35
Figura 19: malla de 212 micrones.....	35
Figura 20:Determinación cualitativa del hierro agregado a la harina de trigo fortificada.....	55
Figura 21:Fotografía de microscopia del almidón de las muestras de harina.....	58

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficie cultivada de trigo según departamento .....	6
Tabla 2: Importaciones de trigo en grano según país de origen, comparativo 2013-2014 (en dólares americanos).....	7
Tabla 3: Intervalo de variación en la composición porcentual de los principales componentes del grano de trigo. ....	8
Tabla 4: Industrias Molineras del país, capacidad de almacenaje-capacidad instalada, 2011 .....	10
Tabla 5: Bolivia, importación de harina de trigo según país de origen comparativo 2013-2014 (p).....	11
Tabla 6: Balance másico de producto principal y subproductos del trigo...	12
Tabla 7: Niveles mínimos de micronutrientes en la harina de trigo y mezclas a base de harina de trigo.....	18
Tabla 9: Peso hectolítrico y humedad del trigo recepcionado.....	36
Tabla 10: comparación de humedad del trigo recepcionado.....	37
Tabla 11: resultados del peso hectolítrico del trigo acondicionado.....	38
Tabla 12: resultados de la humedad del trigo acondicionado.....	39
Tabla 13: Resultados de la humedad de las muestras de harina.....	40
Tabla 14: resultados de la determinación organoléptica de la harina de trigo USA.....	42
Tabla 15: Determinación organoléptica de harina de trigo peruano.....	42

Tabla 16: Determinación organoléptica de harina de trigo boliviano.....	43
Tabla 17: Determinación organoléptica de harina Argentina .....	43
Tabla 18: Resultados del gluten húmedo de las muestras de harina.....	44
Tabla 19: Resultados del gluten Index de las muestras de harina.....	46
Tabla 20: Resultados del gluten seco de las muestras de harina.....	47
Tabla 21: Resultados del contenido de cenizas de las muestras de harina	48
Tabla 22: Resultados del % de grasa de las muestras de harina.....	50
Tabla 23: Resultados del % de acidez de las muestras de harina.....	52
Tabla 24: Resultados del % de proteína total las muestras de harina.....	53
Tabla 25: Resultado cualitativo de la distribución y densidad de puntos de hierro.....	55
Tabla 26: determinación cualitativa de bromato de potasio.....	56
Tabla 27: harina extraída en cada etapa de molienda.....	58

## INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1: Comparación gráfica del peso hectolítrico de trigo USA y boliviano.....	36
Grafica 2: Comparación grafica de humedad del trigo recepcionado.....	38
Grafica 3: Comparación grafica del peso hectolítrico del trigo acondicionado	39
Grafica 4: Comparación gráfica de humedad del trigo acondicionado.....	40
Gráfica 5: Comparación gráfica de la humedad de las muestras de harina de trigo.....	41
Gráfica 6: Comparación gráfica del gluten húmedo en las muestras de harina.....	45
Grafica 7: Comparación gráfica del gluten Index en las muestras de harina	46
Grafica 8: Comparación gráfica del gluten seco en las muestras de harina	48
Gráfica 9: Comparación gráfica del contenido de cenizas en las muestras de harina.....	49
Gráfico 10: Comparación gráfica del % de grasa de las muestras de harina..	51
Gráfica 11: Comparación gráfica del % de acidez de las muestras de harina.....	52
Gráfica 12: Comparación gráficadel % de proteína total de las muestras de harina.....	54
Gráfica 13: harina extraída en cada etapa de molienda.....	59

## INDICE

### CAPITULO I

1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Marco Teórico.....	4
1.4.1 Trigo.....	4
1.4.2 Estructura del trigo.....	4
1.4.3 El trigo en Bolivia.....	4
1.4.4 Clasificación de los granos de trigo.....	5
1.4.5 Composición del grano.....	8
1.4.6 Principales parámetros de calidad del grano de trigo.....	9
1.4.7 La producción de harina en Bolivia.....	9
1.4.8 Rendimiento o grado de extracción, balance másico.....	11
1.4.9 Elaboración de harina de trigo.....	12
1.4.9.1 Molienda del trigo.....	12
1.4.9.2 Recepción y almacenamiento del trigo.....	13
1.4.9.3 Limpieza y acondicionamiento del grano.....	13
1.4.9.4 Acondicionamiento.....	13
1.4.9.5 Molienda.....	14
1.4.9.6 Cernido.....	14
1.4.9.7 Homogeneización de harinas y fortificación.....	15
1.4.9.8 Envasado y almacenaje.....	15
1.4.10 Humedad.....	15
1.4.11 Cenizas en harina.....	15

1.4.12 Lípidos.....	16
1.4.13 Acidez.....	16
1.4.14 Proteínas.....	16
1.4.15 Gluten.....	17
1.4.16 Sustancias fortificantes.....	18
1.4.17 Bromato en harinas de trigo.....	19
1.4.18 Almidón del trigo.....	19
1.4.19 Extracción de harina – Granulometría.....	20

## **CAPITULO II**

2. OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo General.....	22
2.2 Objetivos Específicos.....	22

## **CAPITULO III**

3. PARTE EXPERIMENTAL.....	23
3.1 Obtención de la materia prima.....	23
3.2 Materiales, Reactivos y Equipos.....	23
3.3 Técnicas y métodos.....	24
3.3.1. El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo.....	24
3.3.2 humedad de la harina.....	24
3.3.3 Determinación Organoléptica de las muestras de harina.....	25
3.3.4 Determinación de gluten.....	26
3.3.4.1 Gluten húmedo.....	26

3.3.4.2 Gluten Index.....	27
3.3.4.3 Gluten Seco.....	28
3.3.5 Cenizas.....	29
3.3.6 Porcentaje de grasa .....	30
3.3.7 Acidez.....	31
3.3.8 Determinación de proteínas totales.....	32
3.3.9 Método cualitativo de determinación del hierro agregado	33
3.3.10 Determinación de bromato por el método cualitativo.....	34
3.3.11 Caracterización del almidón de la harina de trigo.....	34
3.3.12 Extracción de harina – Granulometría.....	35

## **CAPITULO IV**

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	36
4.1. El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo recepcionado	36
4.2 El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo acondicionado	38
4.3 Humedad de la harina.....	40
4.4 Determinación Organoléptica de las muestras de harina de trigo.....	41
4.5 Determinación de gluten.....	44
4.5.1 Gluten húmedo.....	44
4.5.2 Gluten Index.....	45
4.5.3 Gluten Seco.....	47
4.6 Cenizas.....	48
4.7 Porcentaje de grasa.....	50

4.8 Acidez.....	51
4.9 Determinación de proteínas totales.....	53
4.10 Determinación cualitativa del hierro agregado .....	54
4.11 Determinación cualitativa de bromato de potasio en harina de trigo..	56
4.12 Almidón de la harina de trigo.....	57
4.13 Extracción de harina – Granulometría.....	58

## **CAPITULO V**

5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones.....	63
5.3 Bibliografía.....	64

## **ANEXOS**

## ANEXOS I

### DATOS DEL % DE GLUTEN

GRADO DE PRECISION	GLUTEN HUMEDO %	GLUTEN SECO %	GLUTEN INDEX %	CENIZAS %	HUMEDAD %
HARINA DE TRIGO USA	31,43	11,43	97,94	0,71	12,69
	31,05	12,95	97,30	0,68	12,91
	31,31	11,41	97,53	0,69	13,01
	31,84	11,70	96,93	0,70	13,35
PROMEDIO	31,41	11,87	97,43	0,70	12,99
Desviación Estándar	0,33	0,73	0,42	0,01	0,27
Coeficiente de variación	1,05	6,15	0,43	1,86	2,11

GRADO DE PRECISION	GLUTEN HUMEDO %	GLUTEN SECO %	GLUTEN INDEX %	CENIZAS %	HUMEDAD %
HARINA DE TRIGO PERUANO	34,20	13,14	92,22	0,65	10,61
	34,69	12,15	94,18	0,66	10,87
	34,45	13,07	93,20	0,66	10,98
	33,32	12,90	93,26	0,61	11,01
PROMEDIO	34,17	12,82	93,22	0,65	10,87
Desviación Estándar	0,60	0,45	0,80	0,02	0,18
Coeficiente de variación %	1,75	3,55	0,86	3,69	1,67

GRADO DE PRECISION	GLUTEN HUMEDO %	GLUTEN SECO %	GLUTEN INDEX %	CENIZAS %	HUMEDAD %
HARINA DE TRIGO BOLIVIANO	31,75	12,48	95,91	0,71	12,82
	32,05	11,86	97,33	0,73	13,22
	31,02	12,13	95,97	0,80	12,81
	32,15	11,27	96,36	0,76	13,4
PROMEDIO	31,74	11,94	96,39	0,75	13,06
Desviación Estándar	0,51	0,51	0,66	0,04	0,30
Coefficiente de variación %	1,61	4,28	0,68	5,22	2,26

GRADO DE PRECISION	GLUTEN HUMEDO %	GLUTEN SECO %	GLUTEN INDEX %	CENIZAS %	HUMEDAD %
HARINA DE TRIGO ARGENTINO	25,66	10,01	99,26	0,73	12,19
	25,77	9,12	99,07	0,85	12,34
	25,17	10,08	99,60	0,83	12,01
	25,52	9,96	99,08	0,78	12,72
PROMEDIO	25,53	9,79	99,25	0,80	12,32
Desviación Estándar	0,26	0,45	0,25	0,05	0,30
Coefficiente de variación %	1,02	4,61	0,25	6,74	2,45

## ANEXOS II: DATOS DE EXTRACCION DE % GRASA

GRADO DE PRECISION	masa de muestra (g)	masa balón (g)	balón y muestra (g)	grasa (%)
Harina de Trigo Peruano	10,0127	122,084	122,1869	1,03
	10,0009	117,4371	117,5391	1,02
	20,0000	127,514	127,7093	0,98
PROMEDIO				1,01
DESVIACION ESTANDAR				0,03
COEFICIENTE DE VARIACION %				2,74

GRADO DE PRECISION	masa de muestra (g)	masa balón (g)	balón y muestra (g)	grasa (%)
Harina Trigo USA	10,0120	121,308	121,3999	0,92
	10,0003	121,6414	121,7354	0,94
	10,0000	121,632	121,7246	0,93
PROMEDIO				0,93
DESVIACION ESTANDAR				0,01
COEFICIENTE DE VARIACION				1,20

GRADO DE PRECISION	masa de muestra (g)	masa balón (g)	balón y muestra (g)	grasa (%)
Harina Trigo Boliviano	10,0009	118,267	118,3489	0,82
	10,0008	117,4362	117,5244	0,88
	10,0000	117,4351	117,5191	0,84
PROMEDIO				0,85
DESVIACION ESTANDAR				0,03
COEFICIENTE DE VARIACION				3,79

GRADO DE PRECISION	masa de muestra (g)	masa balón (g)	balón y muestra (g)	grasa (%)
Harina de Trigo Argentino	10,0004	122,337	122,4319	0,95
	10,0004	121,6446	121,7405	0,96
	10,0009	118,2679	118,3668	0,99
PROMEDIO				0,97
DESVIACION ESTANDAR				0,02
COEFICIENTE DE VARIACION				2,15

### ANEXO III: PESO HECTOLÍTRICO Y HUMEDAD DEL TRIGO

MUESTRA Y GRADO DE PRECISION	HUMEDAD DEL TRIGO (%)	(kg/hl) PESO HECTOLÍTRICO
		11,80
	11,50	78,70
TRIGO BOLIVIANO RECEPCIONADO	11,80	79,10
	10,80	76,90
	11,60	75,90
	11,30	76,70
	11,60	77,00
	11,00	76,90
	11,00	78,80
Promedio	11,38	77,86
desviaciónestándar	0,37	1,54
Coeficiente de variación (%)	3,25	1,98

MUESTRA Y GRADO DE PRECISION	(kg/hl) PESO HECTOLÍTRICO	HUMEDAD DEL TRIGO (%)
		79,70
	79,80	14,20
GRANO DE TRIGO BOLIVIANO ACONDICIONADO	79,00	14,70
	78,50	14,50
	78,90	14,50
	79,60	14,10
	78,90	14,50
	78,60	14,40
	78,50	14,50
	78,50	14,50
	Promedio	79,00
desviaciónestándar	0,52	0,37
Coeficiente de variación (%)	0,66	2,57

MUESTRA Y GRADO DE PRECISION	(kg/hl) PESO HECTOLÍTRICO	HUMEDAD DEL TRIGO (%)
TRIGO USA RECEPCIONADO	81,10	11,90
	78,90	11,10
	80,60	11,30
	82,10	11,90
Promedio	80,68	11,55
desviación estándar	1,34	0,41
Coeficiente de variación (%)	1,66	3,57

MUESTRA Y GRADO DE PRECISION	(kg/hl) PESO HECTOLITRICO	HUMEDAD DEL TRIGO (%)
GRANO DE TRIGO USA ACONDICIONADO	81,0	14,7
	79,9	14,4
	80,6	15,1
	82,3	15,1
Promedio	80,95	14,83
desviación estándar	1,01	0,34
Coeficiente de variación (%)	1,25	2,30

#### ANEXO IV: EXTRACCIÓN DE HARINA EN CADA ETAPA

ETAPA	MALLA 212 MICRONES	CANTIDAD DE MUESTRA (g)	MASA RETENIDA (g)	TAMIZADO (g)	% ATRAVESADO
C1	CB 36	208	188	20	9,62
		228	206	22	9,65
		210	190	20	9,52
NAC2	CB 36	134	40	94	70,15
		194	58	136	70,10
		162	46	116	71,60
C3	CB 36	162	28	134	82,72
		178	42	136	76,40
		156	4	152	97,44
		182	36	146	80,22
C4	CB 36	184	70	114	61,96
		196	62	134	68,37
		108	36	72	66,67
		162	54	108	66,67
C5	CB 36	174	92	82	47,13
C6	CB 36	182	114	68	37,36
C7	CB 36	192	100	92	47,92
C8	CB 36	148	50	98	66,22
		158	54	104	65,82

# CARACTERIZACION DE CUATRO PRODUCTOS DE HARINA DE TRIGO

## 1.1 INTRODUCCION

El trigo es uno de los tres cereales más cultivados en el mundo, ha constituido desde el principio de los tiempos la base de la alimentación de la sociedad, son una buena fuente de hidratos de carbono, proteínas contienen, aportan fibra, vitaminas y sales minerales, se lo utiliza para la producción de harinas y sémolas a partir de las cuales se obtienen una gran variedad de productos alimenticios como pan, galletas, pastas y otros.

Bolivia se ha caracterizado por no cubrir su demanda alimentaria, es por esta razón que la importación de harina en el primer semestre del 2014 Argentina fue el principal proveedor de harina de trigo de Bolivia, representando el 87 % del total importado, seguido de Perú con una participación del 7 %; mientras que para el caso del trigo en grano, Estados Unidos fue el proveedor del 90% de las importaciones, le sigue Argentina con un 5 % y Uruguay con un 4 % , frente a la competencia desleal de harina de trigo que ingresa por la vía del contrabando, la harina producida en Bolivia es subestimada por el sector panadero, en cuanto al precio y la calidad en la producción de panes de batalla, prefiriendo este sector producir panes utilizando una mezcla de harina boliviana con harina Argentina para obtener mejores panes, esta situación es cuestionante incitó la caracterización de la harina de trigo argentino, harina de trigo peruano, harina de trigo boliviano y harina de trigo de Estados Unidos, estos cuatro productos de harina de trigo fortificada con calidad de 000, serán caracterizados en el siguiente trabajo, las características a estudiar son el peso hectolítrico de los granos el cual es usado para determinar el índice del rendimiento de extracción de harina, también mide el grano de infestación del grano a la vez materias extrañas; la determinación de la cantidad y la calidad del gluten de una harina es una de las mejores herramientas para conocer sus potencialidades como para la elaboración de pan de batalla, las cenizas o materia inorgánica nos orienta sobre el rendimiento de extracción, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína total, la acidez porque llega a

modificar la calidad del gluten, la humedad de la harina determinará la duración de este en el mercado.

La caracterización en calidad de estas harinas nos proporcionará información de la calidad de harina de trigo que importa Bolivia, porque la calidad varía de acuerdo a los requerimientos del proceso, determinar su calidad de acuerdo al proceso industrial a la cual se destine, para el caso del pan, uno de los factores más importantes es la fuerza potencial de la harina porque es necesario que el gluten tenga la capacidad de extensión reteniendo el gas producido por la levadura en contacto con los azúcares y, al mismo tiempo, la capacidad de mantener este gas durante todo el tiempo de dicha expansión

## 1.2 ANTECEDENTES

Bolivia ha consolidado una larga e histórica dependencia del trigo que viene de otros países y derivó en la conformación de un sector desarticulado y ajeno a la producción nacional. Sin embargo, entre los años 1870 y 1880 una nueva política de política de libre mercado incorporaba a Bolivia a la economía mundial, a la vez como productor de minerales y mercado para productos alimenticios importados. Hasta ese momento, por ejemplo Cochabamba podía aún competir con el mercado nacional. Según Jackson (1988) alrededor del 1870, el 70% de la harina de trigo consumida en la ciudad de La Paz se producía en Cochabamba.

De esta manera ya en 1880 la harina chilena invadía el territorio boliviano, Cochabamba, Tarija, el Norte Potosí y Chuquisaca, tradicionales productores de trigo hallaron imposible competir con las importaciones chilenas. A principios del Siglo XX, la importación no solamente venía de Chile, si no de Argentina, Brasil, Uruguay, Perú, Estados Unidos y Alemania. (Escobari L. 1987).

En 1904 la producción total de trigo del país no alcanzaba ni para un mes de consumo nacional". "El volumen de molienda alcanzaba a 90% de trigo extranjero y 10% trigo nacional.

En los últimos 20 años, la historia es conocida, únicamente entre el 10% y el 30% del trigo que se consume en Bolivia es de origen nacional, generándose en cambio un dramático crecimiento de las importaciones de trigo, harina, el contrabando, así como

la persistencia de las donaciones concentradas en el trigo y la harina, particularmente desde los Estados Unidos. El año 2006 el Viceministro de Desarrollo Rural, Víctor Hugo Vázquez, declaró que “el 2006 se importó 80% de trigo para el consumo interno; sin embargo, en la gestión 2013, este porcentaje bajó a 60%, porque se incrementó la producción, la producción de trigo aumentó de 20 a 43%, esta gestión se tiene previsto reducir el porcentaje tal vez a 50% y para el 2014 por lo menos producir un 95% de la producción de trigo y sólo el 5% de importación”, para ello el objetivo impulsar la producción y la agroindustria”.

Consolidar nuestra soberanía alimentaria como país es un reto para todos los bolivianos, porque para este proceso intervienen profesionales, agricultores, comerciantes que deben apoyar y apropiarse de nuestros productos; para mejorar y competir con productos importados por su calidad y precio, es por esta razón que el presente trabajo realiza la caracterización de la harina de trigo argentino, harina de trigo peruano, harina de trigo USA, harina de trigo boliviano, para realizar una comparación de la calidad de producto que nos ofrecen y la calidad de producto que nosotros brindamos, además de realizar otros estudios para el mejoramiento del producto brindado a una clientela cada vez más exigente.

### **1.3 JUSTIFICACION**

En Bolivia la producción de trigo, consecuentemente la producción de harina de trigo ha sido uno de las causas para que el libre mercado y competencia, se apodere de nuestro mercado, porque alrededor del 80% de la demanda interna de trigo es satisfecha mediante importaciones legales e ilegales. En síntesis hemos quedado a merced de una competencia desigual que nos hace perder nuestra soberanía alimentaria. Frente a la competencia desleal de alimentos que ingresan por la vía del contrabando y otros factores como la importación de alimentos, hace falta mayores acciones para garantizar el mercado del trigo producido en nuestro país.

La producción de trigo en el departamento de Santa Cruz en la campaña de invierno 2015, se ha estimado en 360 mil toneladas, es decir un 30% superior a la gestión 2014. El aumento de la producción se debió a las condiciones adecuadas de humedad

presentadas para la siembra, a las expectativas de buenos precios y al compromiso de los productores por producir trigo, el riesgo es que al menos 180 mil toneladas no puedan comercializarse en el mercado interno a las industrias molineras y EMAPA, debido al ingreso masivo de harina de trigo proveniente de Argentina, la cual ingresa legalmente, sin cumplir con los requisitos de importación, como son el Certificado Fitosanitario de origen y la factura de exportación, con lo cual ingresa a precios bajos al mercado boliviano.

Es de vital importancia que se realice un estudio sobre la composición de estas harinas, precautelando el estado fitosanitario del país, la salud de los consumidores, siendo uno de los factores que pone en peligro la salud de la población que consume un producto que puede estar elaborado en base a aditivos prohibidos como ser las sales de bromato de potasio, el cual ha sido catalogado por el comité de expertos en Aditivos Alimenticio (OAA/OMS), como un aditivo de acción carcinógena, hasta su prohibición definitiva fue uno de los minerales más utilizados en Argentina y en todo el Mercosur, Inglaterra fue el último país en dejar de usarlo para poder ajustarse a las normativas Europeas.

## **1.4 MARCO TEORICO**

### **1.4.1 Trigo**

Grano de todas las especies del genero *triticum*, siendo las especies de uso industrial más común la *triticumaestivium*L.(trigo harinero) y *triticumdurum*Desf.(trigo macarronero). La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa 'quebrado', 'triturado' o 'trillado', haciendo referencia a la actividad que se deberealizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre.

### **1.4.2 Estructura del trigo**

Los granos de trigo son cariósides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados, están formados por tres partes principales (Figura 1): el salvado, o parte externa, el germen o embrión y el endospermo, que es la parte más interna del grano.

El germen sobresale en uno de los extremos y en el otro hay un mechón de pelos finos, el resto del grano se denomina endospermo, el cual es un depósito de alimentos para el embrión que representa el 82% del peso del grano.

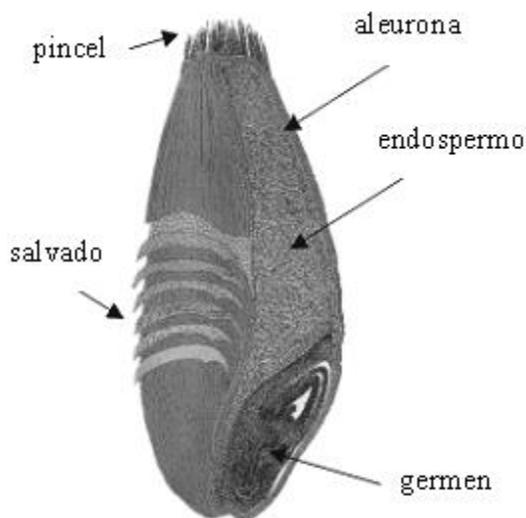


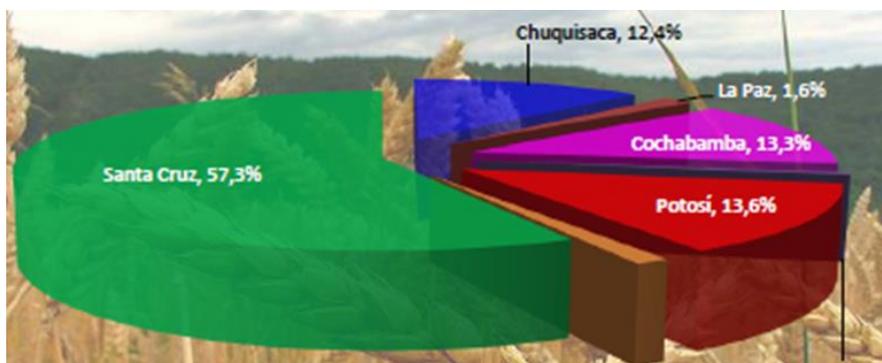
Figura 1: partes del trigo

En la estructura del grano se consideran dos partes principales:

- **Afrecho salvado.-** Es la parte externa y sirve de protección al grano; constituye aproximadamente el 14.5%.
- **Endospermo.-** Constituye el 83% aproximadamente del grano de trigo y es la parte que se transforma en harina. El embrión o germen es la mejor parte en el grano de trigo, constituye el 2.5% y está situado en la parte inferior del grano.

### 1.4.3 El trigo en Bolivia

En Bolivia existen 130.476 hectáreas destinadas al cultivo de trigo, de este total, 74.708 hectáreas equivalente a 57,3% están en el departamento de Santa Cruz, (datos INE), en segundo lugar está Potosí con 17.715 hectáreas y en tercer lugar, Cochabamba con 17.327 hectáreas.



Fuente: INE, Censo agropecuario 2013

Figura2: Superficie cultivada de trigo según departamento 2013

Tabla 1: Superficie cultivada de trigo según departamento

DEPARTAMENTO	TOTAL SUPERFICIE
<b>BOLIVIA</b>	<b>130.476</b>
<b>Chuquisaca</b>	<b>16.240</b>
<b>La Paz</b>	<b>2.080</b>
<b>Cochabamba</b>	<b>17.327</b>
<b>Oruro</b>	<b>697</b>
<b>Potosí</b>	<b>17.715</b>
<b>Tarija</b>	<b>1.676</b>
<b>Santa Cruz</b>	<b>74.708</b>
<b>Beni</b>	<b>18</b>
<b>Pando</b>	<b>16</b>

Fuente: INE Censo Agropecuario 2013

La situación para las industrias molineras, principalmente en el occidente del país, se ha tornado complicada debido a la materia prima para este sector productivo. Según información proporcionada por la Asociación de Industriales Molineros (ADIM), hace 10 años en el país había 19 molinos en funcionamiento, con una capacidad de molienda de 840.000 toneladas métricas (TM) por año. Actualmente, el número se redujo a nueve empresas cinco en La Paz, dos en Santa Cruz, una en Potosí y una en Sucre, con una capacidad de molienda de 522.000 TM por año.

Ante esta situación, los molineros de occidente se han abastecido principalmente con trigo estadounidense. Hasta 1998, el grano que compraba el sector provenía de las

donaciones que el país del norte realizaba a través del programa PL-480. El trigo era entregado al Gobierno y las empresas molineras se lo adjudicaban mediante licitaciones.

**Tabla 2: Importaciones de trigo en grano según país de origen, comparativo 2013-2014 (p)**  
(en dólares americanos)

PAÍS	2013 (p)	2014 (p)
Estados Unidos	53.558.598	60.911.848
Canadá	0	19.035.080
Uruguay	0	9.050.513
Argentina	4.501.199	2.720.842
Paraguay	0	618.419
México	455	733
Brasil	41.583	674
Colombia	65	0
<b>TOTAL IMPORTADO</b>	<b>58.101.900</b>	<b>92.338.109</b>

Fuente: Fuente: INE Censo Agropecuario 2013

Durante el 2014, EEUU fue el proveedor del 66% de las importaciones de trigo en grano, mientras que Canadá y Uruguay desplazaron a Argentina como principal proveedor para Bolivia. Actualmente, las donaciones de trigo ya no están vigentes, por ello los molineros importan el grano desde EEUU, Canadá y Argentina, aunque este último país ya no exporta trigo.

#### 1.4.4 Clasificación de los granos de trigo

**Trigo duro.** Este trigo tiene granos que son duros, fuertes y difíciles de partir, este tipo produce la mejor harina de pan y fideos. El panadero conoce las harinas hechas de trigos duros en una prueba muy sencilla: la harina es granulada al tacto y no se compacta fácilmente al apretarla se polvea muy rápidamente. Clase formada por todas las variables del trigo duro color ámbar, la cual se subdividirá en las dos clases siguientes:

- a) **Corneo:** Trigo duro con el 75% como mínimo de granos vítreos color ámbar.
- b) **Ámbar:** Trigo duro que contenga al menos el 60%, pero sin llegar al 75% de granos vítreos color ámbar.

**4.6.2 Trigo semiduro:** Trigo que contenga al menos 40% pero sin llegar al 60% de granos duros vítreos.

**4.6.3 Trigo blando.** Tiene granos relativamente blandos, son muy buenos para bizcochos y galletas. Las harinas hechas de este trigo son suaves al tacto, se compactan fácilmente al apretarlas con la mano, no corren o polveen fácilmente.

#### 1.4.5 Composición del grano

El grano de trigo se puede considerar fundamentalmente compuesto por almidón, proteínas, otros polisacáridos que se expresan como fibra cruda, lípidos, minerales (cenizas) y vitaminas (Matz, 1999; Shewry y Halford, 2002). En la Tabla 1, se puede observar el rango de variación de dichos componentes.

**Tabla 3: Intervalo de variación en la composición porcentual de los principales componentes del grano de trigo.**

<b>Componentes</b>	<b>Mínimo</b>	<b>máximo</b>
Humedad	8,0	18,0
Almidón	60,0	68,0
Proteína	7,0	18,0
Lípidos	1,5	2,0
Fibra Cruda	2,0	2,5
Cenizas	1,5	2,0

**Fuente: Tomado de Matz (1999).**

## 1.4.6 Principales parámetros de calidad del grano de trigo

### **Peso hectolítrico**

Es uno de los criterios más ampliamente usados para determinar la calidad del trigo. Esta prueba da una idea del contenido de humedad, porcentaje de impurezas y rendimiento en potencia de harina de trigo cuanto mayor es este valor, mejor es el rendimiento de la molienda. El peso hectolítrico se ve afectado por la gravedad específica individual de los granos (trigos con una gravedad específica alta tienen también un peso hectolítrico alto).

**Contenido de humedad:** La presencia de agua hace que los granos se hinchen, cuanto más humedad tenga el grano más bajo va a ser el peso hectolítrico (el agua posee una gravedad específica más baja que la del grano).

**Forma del grano:** Cuanto más espacios existan entre los granos, menor será el peso hectolítrico. El espesor de la corteza y la gravedad específica de la corteza o afrecho es aproximadamente 1,2 comparado con 1,5 del endospermo. Por lo tanto, cuanto más gruesa es la corteza o cáscara del grano más bajo será el peso hectolítrico.

**Porcentaje de impurezas:** Muchas impurezas pequeñas y livianas disminuyen el peso hectolítrico, dado que éstas impiden que el trigo sea agrupado en forma compacta.

## 1.4.7 La producción de harina en Bolivia

En la actualidad existe una alta concentración y polarización de la molienda de trigo en Bolivia; Santa Cruz que concentra el 50% y La Paz el 43%, dejando un 7% a Cochabamba y Potosí. La política nacional sobre el trigo tiene que manejarse desde el punto de vista de atender el desarrollo, la tendencia a importar harina desacredita nuestra propia harina y afecta al proceso de mejorar nuestro propio producto.

Actualmente las empresas molineras identificadas por el estudio realizado por la AEMP son 13 (tabla 4) de las cuales, 5 están localizadas en La Paz, 6 en Santa Cruz, 1 en Potosí y otra empresa en Villazón. El Centro de Acopio San Pedro, se constituye solamente en centro de acopio pero no así en una empresa de molienda.

**Tabla 4: Industrias Molineras del país, capacidad de almacenaje-capacidad instalada,2011**

<b>Empresa</b>	<b>Departamento</b>	<b>Capacidad de almacenaje (t)</b>	<b>Capacidad instalada (t/mes)</b>	<b>Capacidad Utilizada %</b>
Compañía Molinera Boliviana S.A.	La Paz	5.870,00	19.192,00	26,33
Molino Andino S.A.	La Paz	28.000,00	6.480,00	16,00
Sociedad Industrial Molinera S.A. SIMSA	La Paz	18.000,00	7.800,00	0,03
Molino Torremolinos	La Paz	8.000,00	1.920,00	78,70
Molino Aurora	La Paz	8.000,00	2.400,00	60,00
Compañía Industrial Comercial Hnos. Vicente SRL.	Santa Cruz	53.409,00	6240,00	58,80
Compañía Molinera Rio Grande* S.A.	Santa Cruz	7.332,00	2.400,00	25,00
Molinera del Oriente (modelo) S.A.	Santa Cruz	21.600,00	2.880,00	58,80
Industrias "Potosí" Ltda.	Potosí	3.000,00	1.440,00	16,70
Cooperativa Agropecuaria Integral Colonias Okinawa Ltda. (Caico Ltda.)	Santa Cruz	200,00	2.400,00	SR
Industria Molinera San Juan S.R.L.	Villazón	SR	2.400,00	SR
Centro de Acopio San Pedro (EMAPA)	Santa Cruz	50.000,00	SR	SR
Complejo Industrial Cuatro Cañadas (EMAPA)	Santa Cruz	50.000,00	1.152,00	SR
<b>Total</b>		<b>253.411</b>	<b>56.674</b>	<b>33,70</b>

FUENTE: Elaborado en base a información proporcionada por las empresas molineras. Estudio AEMP., 2012.

SR: No se posee esta información.

\*Es la capacidad utilizada promedio.

En base a los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), el IBCE reportó que durante el primer semestre del 2014 Argentina fue el principal proveedor de harina de trigo de Bolivia, representando el 87 % del total importado, seguido de Perú con una participación del 7 %.

**Tabla 5: Bolivia, importación de harina de trigo según país de origen comparativo 2013-2014 (p)**

PAIS	2013 (P)	2014 (P)
Argentina	35.862.433	64.799.188
Uruguay	803.218	3.526.013
Perú	5.140.432	3.004.894
Paraguay	442.839	214.000
Brasil	30.171	38.476
Estados Unidos	24.097	3.548
Italia	4.416	3.523
Resto	4.411	4.693
TOTAL IMPORTADO	42.312.017	71.594.335

Fuente: INE / Elaboración: IBCE / (p): datos preliminares

En la gestión 2014, Argentina fue el principal proveedor de harina de trigo a Bolivia, representando el 91% del total importado, seguido de Uruguay con una participación del 5%.

#### **1.4.8 Rendimiento o grado de extracción, balance másico**

El rendimiento o grado de extracción de la harina es el peso de la harina por cada 100 partes de trigo molido. El grano de trigo en promedio contiene el 82% de endospermo amiláceo para la harina blanca. Sin embargo, y debido al sistema complejo de la elaboración de harina al tipo de trigo, el proceso de acondicionamiento y otros, se puede obtener un 75% de harina blanca. Sin embargo a mayor grado de extracción la harina de trigo es más rica en los nutrientes que tiene el grano de trigo, de acuerdo a la Norma Boliviana el grado de extracción es del 72%, base en la cual se realizan los balances másicos y cálculos de costos de molienda y otros. Sin embargo, de acuerdo al tipo de trigo y técnicas del molinero se obtienen harinas de hasta un 75% de extracción. Por tanto y considerando un rendimiento del 72% el balance másico de producto principal y subproductos es el siguiente.

**Tabla 6: Balance másico de producto principal y subproductos del trigo**

Producto y Subproducto	Porcentaje %
Harina	72,00
Hanilla	4,00
Afrecho,Afrechillo	21,00
Residuos	2,00
mermas	1,00
Total	100,00

Fuente: Harinas Compuestas Ing. R. Espinoza - Consultor  
**Wheat,, Chemistry and Technology F. Pomeranz – segunda edición**

#### **1.4.9 Elaboración de harina de trigo**

Se ha definido harina de trigo como el producto preparado a partir de trigo común mediante procesos de trituración o molturación mediante, los cuales se eliminan parcialmente el germen, salvado, y el resto es reducido a un grado de finura adecuado.

##### **1.4.9.1 Molienda del trigo**

La molienda del trigo tiene por objeto separar el endospermo del salvado y del germen y reducirlo a harina. Esto se realiza mediante molinos de rodillos o cilindros, que desgarran y trituran el grano, siendo esta acción diferente sobre el endospermo, el salvado y el germen, lo que permite su separación por medio de tamices y separadores de aire.

El proceso de molienda se divide en cuatro etapas principales:

- Recepción y almacenamiento del grano.
- Limpieza y acondicionamiento del grano de trigo.
- Molienda del trigo y producción de harinas y subproductos.
- Envasado, almacenamiento y expendio.

### 1.4.9.2 Recepción y almacenamiento del trigo

El trigo llega al molino por camión, se realiza un control de peso y calidad considerando el peso hectolítrico, porcentaje de impurezas, humedad, gluten (húmedo, seco e Index) para ser almacenado en distintos silos.

### 1.4.9.3 Limpieza y acondicionamiento del grano

El grano de trigo contiene distintas cantidades de impurezas de diferente tipo y tamaño. El objetivo de la limpieza es reducir al mínimo estas impurezas. Para ello se utilizan diversos equipos, casi todos ellos basados en las diferencias de densidad y tamaño entre el trigo y las impurezas. Los más usados son los siguientes:

- **Separadores por tamaño:** Consta de tamices de diferente tamaño que separan todas aquellas impurezas cuyo diámetro sea distinto al del trigo.
- **Separadores por densidad:** Separa impurezas del mismo tamaño del trigo. Consiste en una corriente de aire que circula entre el trigo pudiéndose separar, de acuerdo a la intensidad de esta corriente, impurezas de mayor o menor densidad que el trigo.
- **Separadores de discos:** Realiza la separación por diferencia de volumen.

### 1.4.9.4 Acondicionamiento

El acondicionamiento consiste en añadir agua al grano seco por medio de un pulverizador y dejarlo reposar durante un periodo de tiempo, antes de molerlo. El atemperado tiene dos funciones principales:

- Poner correoso el salvado para que se resista a ser dividido en pequeños trozos durante la molturación.
- Ablandar o suavizar el endospermo para facilitar la molturación.

La cantidad de agua que se añade al trigo varía, dependiendo del contenido acuoso y dureza del grano, el tiempo para que penetre en el grano, también varía con la dureza del mismo. El trigo blando necesita tiempos mucho más cortos para el atemperado que el trigo duro. La incorporación de agua al grano provoca que se abran las células

cruzadas y tubulares, los pequeños capilares expuestos retienen el agua muy fuertemente, el agua penetra por la región dorsal del grano y finalmente por la zona del surco. El tiempo necesario para alcanzar el equilibrio varía desde 6 horas para el grano blando con bajo valor proteico, hasta más de 24 horas para el grano duro, vítreo con alto valor en proteínas. El agua debilita el enlace proteína-almidón, que es el responsable de la dureza del grano.

#### **1.4.9.5 Molienda**

La molturación del grano de trigo se realiza en molinos de cilindros en un proceso de reducción gradual. La molturación en molinos de rodillos, se realiza entre una pareja de rodillos que giran en sentido opuesto.

En el proceso de molienda el primer objetivo es la separación del salvado y el germen del endospermo. Esto se consigue en su mayor parte en el sistema de fragmentación del molino, después de hacer la separación, el objetivo siguiente es reducir el endospermo a la finura de la harina. Esto se consigue con el sistema de reducción.

#### **1.4.9.6 Cernido**

En cada rodillo break se produce una pequeña cantidad de harina. Las partículas de endospermo de tamaño mediano, que contienen partículas de salvado, se pasan por un purificador, esto es un tamiz inclinado que se va haciendo, de cabeza a cola, cada vez más grueso. Mientras el tamiz oscila, se hace pasar través una corriente de aire en sentido ascendente, haciendo que el producto se estratifique. El objetivo del sistema de reducción es reducir las partículas de tamaño mediano a finura de harina, y eliminar las últimas partículas de salvado y germen que puedan quedar. Tras cada paso de molturación, se separa la harina y las partículas más gruesas son enviadas a los rodillos de reducción apropiados.

#### **1.4.9.7 Homogeneización de harinas y fortificación**

En la fase final del proceso de las harinas provenientes de los cernidores son homogeneizados en transportadores, para obtener harinas de una sola calidad y características; así mismo en esta fase se procede a realizar la fortificación de la harina en cumplimiento a la Norma Boliviana y disposición que obliga al fortalecimiento de las harinas producidas y consumidas localmente, con micronutrientes como: Sulfato ferroso, Tiamina (B1), ácido fólico, Riboflavina (B2) y Niacina.

#### **1.4.9.8 Envasado y almacenaje**

El producto final es almacenado temporalmente en Tolvas de ensacado que disponen de vibradoras para facilitar la caída de la harina por gravedad, así mismo se dispone de equipos de pesaje automático para envases de 45 Kg de harina en molinos de La Paz y 45,36 Kg en los molinos del interior. Cuando no existen procesos adicionales de blanqueo u otro que acelere los cambios bioquímicos de la harina, esta debe ser almacenada para el reposo suficiente para la decoloración (por oxidación) de los pigmentos naturales del endosperma y mejorar las cualidades de la harina para el manipuleo y fermentación.

#### **1.4.10 Humedad**

El porcentaje de humedad de los productos de molienda es importante desde el punto de vista de comercialización y vida útil. La humedad influye en la producción y calidad del producto final del trigo (Guttiere et al., 2001). Del agua contenida en un alimento depende las propiedades reológicas y textura, también es responsable de las reacciones químicas.

#### **1.4.11 Cenizas en harina**

Se estima mediante la incineración de la muestra a 900 °C, hasta que toda la materia orgánica se quema y queda un remanente formado por los componentes minerales.

Se calcula en % sobre grano base seca, y es un buen estimador de la eficacia del proceso de molienda, mayor % de cenizas indica una mayor contaminación de la harina con salvado, dado que el contenido en éste es mayor que el de la harina blanca.

#### **1.4.12 Lípidos**

La distribución de lípidos dentro del grano de trigo es muy variable: un 70 % son no polares, 20 % glicolípidos y 10 % fosfolípidos. El germen tiene el mayor porcentaje de lípidos, y los lípidos del germen tienen el mayor porcentaje de fosfolípidos, es por esta razón que se separa el germen del endospermo. Los lípidos polares del salvado, contienen más fosfolípidos que glicolípidos, mientras que en el endospermo la relación se invierte.

En la harina del endospermo amiláceo, los lípidos se pueden dividir en: lípidos asociados con los granos de almidón y lípidos no asociados. Los primeros se dividen en: lípidos no polares 9 %, glicolípidos 5 % y fosfolípidos 86 %. Los lípidos no asociados, que representan un número grande de clases, se pueden dividir en un 60 % de lípidos no polares, 25 % de glicolípidos y 15 % de fosfolípidos. Claramente, los fosfolípidos constituyen la mayor parte de los lípidos asociados al almidón; la lisofosfatidilcolina ocupa un gran porcentaje de los fosfolípidos del almidón.

#### **1.4.13 Acidez**

La acidez de las harinas se debe a la presencia de ácidos grasos, en el presente trabajo se mide la acidez en cada una de las muestras porque una acidez alta puede llegar a modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación, y la acidez aumenta a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

#### **1.4.14 Proteínas**

Las proteínas de los granos de trigo se pueden dividir en dos grandes grupos: las proteínas del gluten y aquellas que no forman gluten. Las primeras se denominan proteínas de almacenamiento y constituyen alrededor del 75-80% del total. Entre las

proteínas no formadoras de gluten, que representan el 20-25% del contenido total, se encuentran la mayoría de las enzimas. Osborne, en 1907, clasificó a las proteínas de los cereales de acuerdo a su solubilidad en cuatro tipos:

- albúminas, solubles en agua;
- globulinas, insolubles en agua y solubles en soluciones salinas diluidas;
- prolaminas, insolubles en agua y en soluciones salinas y solubles en alcohol al 70%; y
- glutelinas, insolubles en agua y en soluciones salinas y solubles en ácidos diluidos.

#### 1.4.15 Gluten

El gluten de trigo es un importante contribuyente al comportamiento de la harina en su uso final, el contenido y la fuerza del gluten, son responsables de las propiedades viscoelásticas de la masa, factor clave en las características panaderas de cada trigo. El contenido de gluten mantiene una estrecha relación con la cantidad de proteínas del grano, siendo para la industria molinera y panadera, uno de los parámetros más importantes de la calidad triguera. La determinación de la cantidad y la calidad del gluten de una harina es una de las mejores herramientas para conocer sus potencialidades.



**Figura 3: fotografía de gluten**

#### 1.4.16 Sustancias fortificantes

La fortificación de la harina es un requisito que debe cumplir la harina de trigo, los productores e importadores de harina de trigo son responsables de cumplir con las regulaciones de fortificación de harina de trigo en el país donde esta se comercializa, según el **Artículo 2 de la LEGISLACION, REGLAMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE GARANTIA Y CONTROL DE CALIDAD DE LA HARINA DE TRIGO FORTIFICADA**: la harina de trigo que se utilice en el país para consumo humano deberá estar fortificada con hierro, ácido fólico y vitaminas del complejo B conforme al artículo 3 del Decreto Supremo 24420

Los niveles de fortificación de micronutrientes, han sido establecidos por el Ministerio de Salud y Deportes a través de la Unidad de Nutrición, en el presente trabajo se realiza una prueba cualitativa de fortificación en las muestras de harina, porque toda harina de trigo destinado al consumo humano que se encuentren a disposición en el territorio nacional deberán estar fortificados con los siguientes niveles de micronutrientes:

**Tabla 7: Niveles mínimos de micronutrientes en la harina de trigo y mezclas a base de harina de trigo**

NUTRIENTE	FORMA VITAMINICA	NIVEL MINIMO (g/Kg)
VITAMINA B1	Mononitrato de Tiamina	4.4
VITAMINA B2	Riboflavina	2.6
NIACINA	Nicotinamida	35.6
FOLATO	ÁcidoFólico	1.5
HIERRO	Sulfato ferroso anhidro	30.0

FUENTE: Datos consignados en base al anterior cuadro

(\*): Nomenclatura FCC: FOOD CHEMICAL CODEX)

La fuente fortificación debe ser sulfato ferroso anhidro (FeSO<sub>4</sub>) grado FCC (Food Chemical Codex).

Para la obtención de los niveles establecidos en el tabla 7, la premezcla de micronutrientes se agregara en una proporción de 200g por tonelada de harina de trigo.

#### **1.4.17 Bromato en harinas de trigo**

El empleo amplio del bromato de potasio en harinas como mejorador, para elevar la masa, y hacer panes más grandes y blancos, ha tenido uso indiscriminado, muchos panaderos prefieren una harina con estas características, es por esta razón que en el presente trabajo se realiza una prueba cualitativa de bromatos en las cuatro muestras.

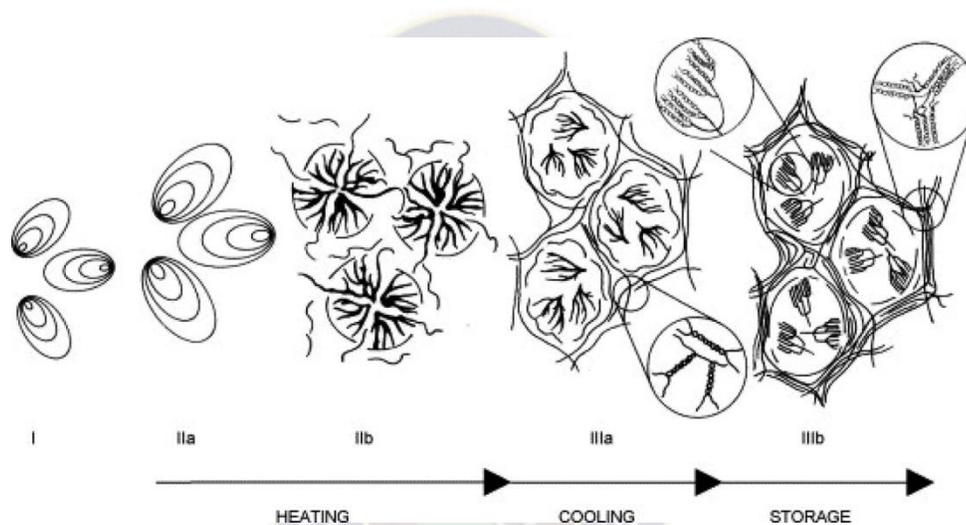
La ingestión prolongada de bromatos puede causar vómitos, diarreas, metahemoglobinemia y daños renales, tiene efectos mutagénicos, porque destruye la vitamina B1 e inhibe la disponibilidad del hierro y degrada el ácido fólico, incrementa los riesgos de contraer cáncer, produce daño oxidativo al ADN. Diversas harinas que ingresan al país tienen el riesgo de presentar este compuesto, porque una gran cantidad de productos alimenticios, entran a Bolivia ilegalmente

#### **1.4.18 El Almidón en la harina de trigo**

Durante la molienda una parte de los gránulos de almidón se dañan parcialmente, estas lesiones permiten la penetración del agua y el ataque enzimático. La cantidad de almidón dañado presente en la harina va a influenciar su comportamiento en la panificación y su mayor presencia: Aumenta la absorción de agua, facilita la acción de las amilasas, Incrementa la producción de gas, aumenta la coloración de la corteza. Estudios demostraron las funciones del almidón en la panificación:

- Diluye el gluten a una determinada consistencia favoreciendo la formación de la miga del pan.
- La superficie del gránulo proporciona una buena adherencia entre el gluten y el almidón, formando una fina película alrededor del gas producido durante la fermentación.
- provee de azúcar a través de la acción de las amilasas en el almidón dañado, proveyendo de alimento a la levadura.
- proporciona una excelente superficie para favorecer las uniones fuertes del gluten en la masa.

- favorece la formación y flexibilidad de las celdillas de gas que se producen durante la fermentación y cocción.
- toma agua del gluten durante la gelatinización, haciendo que éste se vuelva rígido y reduciendo la expansión del mismo, previniendo el colapso de pan en el enfriado.
- interviene en la formación del color de la corteza a través de la formación de las dextrinas en la superficie del pan.



**Figura 4:** una representación esquemática de cambios que se producen en una mezcla de agua y almidón durante el calentamiento, enfriamiento y almacenamiento. ( I) gránulos de almidón nativos ;(II) gelatinización, asociado con la inflamación [ a] y la lixiviación de amilosa y la interrupción parcial gránulo [b], resultando en la formación de una pasta de almidón ; (III)retrogradación : formación de una red de amilosa ( gelificación / amilosa retrogradación ) durante el enfriamiento de la pasta de almidón de [ a] y la formación de ordenadoo moléculas de amilopectina cristalinas ( retrogradación amilopectina ) durante el almacenamiento [b] . Reproducido con permiso del Goesaert y otros (2005).

La figura 4 muestra la degradación del almidón en función del tiempo de almacenaje, en las muestras de harina se analiza por microscopia electrónica la acumulación del almidón en la harina lo cual nos da un panorama del tiempo de almacenaje de la harina.

#### 1.4.19 Extracción de harina - Granulometría

El análisis granulométrico realizado en el presente trabajo consiste en obtener el porcentaje de distribución por tamaño en diferentes etapas de la molienda, para este análisis durante el proceso de molienda se arma tres capas de tamices con la malla o tamiz N<sup>a</sup> 70 la cual es catalogada para calidad de harina 000, en cada proceso de la molienda existe una fracción de harina que atraviesa un mismo número de malla, luego el conjunto se zarandea durante 10 minutos; este análisis granulométrico es una prueba necesaria para controlar la cantidad de harina obtenida en cada proceso y además ajustar cada etapa en caso de que exista una variación, que determina el tamaño de las partículas finas y gruesas en el producto resultante.



Fotografía Torremolinos

Figura 5: Tamiz giratorio para control molienda en harina

## **CAPITULO II**

### **2. OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivo General**

- Caracterizar cuatro productos de harina de trigo para evaluar la calidad de las mismas.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo recepcionado y acondicionado.
- Determinar la humedad de en las muestras de harina de trigo.
- Evaluar las propiedades organolépticas de las cuatro muestras de harina.
- Evaluar el rendimiento de la obtención del gluten Húmedo, Index y Seco para los cuatro productos de harina de trigo.
- Determinar el contenido de cenizas de las muestras harina de trigo.
- Cuantificar el porcentaje de grasa en los cuatro productos de harina de trigo, mediante el método de soxhlet.
- Determinar el porcentaje de acidez en las cuatro especies de harina de trigo.
- Determinar el porcentaje de proteína total en las cuatro especies de harina de trigo.
- Comprobar por análisis cualitativo la fortificación en la harina de trigo por la presencia de hierro agregado.
- Comprobar por análisis cualitativo la presencia o ausencia del Bromato de Potasio en las harinas de investigación.
- Determinación óptica de la forma del almidón de las cuatro especies de harina de trigo.

## CAPITULO III

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1 Obtención de la materia prima

La materia prima harina de trigo, es proporcionada por la Empresa TorremolinosSRL.

#### 3.2 Materiales, Reactivos y Equipos

##### 3.2.1 Materia Prima e Insumos

- Harina de trigo boliviano
- Harina de trigo Argentino
- Harina de trigo USA
- Harina de trigo peruano

##### 3.2.2 Reactivos

- Solución de cloruro de sodio 2%
- Ácido clorhídrico 2N
- Tiocianato de potasio al 10% (solución acuosa)
- Ácido nítrico 10%
- Peróxido de hidrogeno 3%
- Agua destilada
- Éter de petróleo (40-60) °C
- Solución de ácidosulfúrico 2%
- Solución de yoduro de potasio 2%
- Solución de hidróxido de sodio 0.02N
- Solución de fenolftaleína 1%
- Alcohol etílico
- Agua destilada

##### 3.2.3 Equipos

- desecador
- Balanza HalogenMoisture Tester Model: DHS-16 A 0.001g
- Balanza Analítica 0.001gRadwagModel: AS 220/C/2 0.0001g
- Glutomatic-cantidad y calidad de gluten
- Mufla 1000°C ELECTRIC KILN MODEL: 67EFC,AMPS. 9.0, VOLTS 240 ,K.W.2.1,PHASE 1, 2000F, 1250 C
- HOMOGENIZADOR BOERNER DIVIDER MODEL:JFYZ-A-II
- Tamizador giratorio JYSY 30\*8
- Mini GAC plus moisture tester marca:DICKEY.jhon
- Centrifugadora Gluten Index Tester MJZ 6000rpm,3000 rotations in 2 minutes

- Microscopia electrónica
- Estación de inspección de harina, model TJD-900
- Equipo Kjeldahl para digestión
- Plancha para secar gluten
- Extractor Soxhlet
- Agitador magnético
- Rotaevaporador, marca Heidoph de brazo mecánico

### 3.2.4 Materiales

- Vasos deprecitado
- Termómetro
- Espátula
- Pipetas volumétricas
- Pipetas graduadas
- Tamizador
- Vidrio reloj 10cm de diámetro
- Crisoles
- Papel Filtro
- Bureta de 25 ml
- Erlenmeyer de 100ml

### 3.3 Técnicas y métodos

#### 3.3.1. El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo

Para la determinación del peso hectolítrico de grano de trigo se utilizó un equipo de tester de humedad y se analizó dos parámetros: humedad y peso hectolítrico de los granos.

**Procedimiento:** Se vacía la muestra de trigo en el equipo correspondiente y regístrese los datos de este.

#### 3.3.2 humedad de la harina

La humedad de la harina se midió con el equipo HalogenMoisture Tester, la medida se realizó en 5 g de muestra, el tester de humedad halogeno consta de una lámpara de luz halógena de calefacción el cual de manera uniforme puede secar muestras y proporcionarnos el dato de humedad.

**Procedimiento:** Se colocó 5g de cada muestra en el platillo del equipo correspondiente, y regístrase los datos de este.



a) Tester de humedad



b) Mini GAC plus moisture tester

*Figura 6:Fotografía Torremolinos*

### 3.3.3 Determinación Organoléptica de las muestras de harina

Para la determinación organoléptica se toman en cuenta cuatro parámetros, como: Aspecto, color, olor y sabor, consistencia.

Aspecto: Exenta de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza.

Color: Blanco, blanco cremoso o blanco amarillento.

Olor y sabor: Característico del grano de trigo molido. Libre de rancidez y de otros olores desagradables, tales como los que se producen a causa del moho.

Consistencia: Polvo fluido en toda su masa, sin grumos de ninguna clase, considerando la compactación natural del envasado y estibado.



Figura 7: Estación de inspección de harinas

Fotografía Torremolinos

### 3.3.4 Determinación de gluten

El ensayo se realizó por cuadruplicado, por el método mecánico utilizando el aparato automático para separación de gluten basado en la NB 106. El procedimiento utilizado es el método mecánico.

**Procedimiento:** Preparar 10 g de la muestra a ser analizada determinar su humedad, limpiar la de la malla cámara y humedecerla con solución de cloruro de sodio al 2% a través del dispensador. Eliminar el exceso de agua y secar las paredes de la cámara, pesar 10g de muestra y transferir cuantitativamente a la cámara, añadir 5ml de la solución de cloruro de sodio 2%, el tiempo del amasado se realizó por 20 segundos y el lavado se realiza con un flujo de solución constante por 5 minutos. El gluten húmedo es Una vez completado el lavado, centrifugar la muestra por 60 segundos a 600 rpm, para remover el exceso de solución del gluten.

#### 3.3.4.1 Gluten húmedo

El gluten húmedo es la masa total de gluten obtenido a partir de 10 g de muestra, dividido entre la masa de muestra utilizada.

$$G h = \frac{G_2 - G_1}{G} * 100$$

Gh= Porcentaje de gluten húmedo

G<sub>2</sub>=peso del recipiente con el gluten húmedo, en g

G<sub>1</sub>= Peso del recipiente en g

G= Peso de la muestra tomada para el ensayo, en g



Figura 8: Glutomatic

### 3.3.4.2 Gluten Index

Sacar el gluten separando el gluten blando del duro para calcular el índice de gluten el cual está separado por una malla metálica con el fin de permitir el paso de las porciones del gluten menos ligadas. En las muestras de gluten más débiles la proporción que atraviesa la malla es mayor que en los más fuertes, por lo que de esta manera se estima la calidad del gluten. Pesar y determinar el gluten Index según:

$$G_s = \frac{(G_2 - G_1)}{G} * 100$$

$G_2$ = Peso del recipiente con el gluten duro, en g

$G_1$ = Peso del recipiente, en g

$G$ = Peso de la muestra tomada para el ensayo, en g



Figura 9: Centrifugadora Gluten Index



Figura 10: mallas de la centrifuga

### 3.3.4.3 Gluten Seco

Se utilizo un aparato para tostar pan en el cual el gluten húmedo seca por 12 minutos, pesar para determinar el gluten seco:

$$G_s = \frac{10000(G_3 - G_1)}{G(100 - H)} * 100$$

$G_2$ = Peso del recipiente con el gluten seco, en g

$G_1$ = Peso del recipiente, en g

$G$ = Peso de la muestra tomada para el ensayo, en g

$H$ = Porcentaje de humedad en la muestra.



Figura 11: Plancha de horneado



Figura 12: Gluten seco

### 3.3.5 Cenizas

Es el residuo inorgánico, obtenido por incineración del producto, el contenido de cenizas (%) se determinó según la NB 075 bajo el siguiente procedimiento:

#### Procedimiento:

- Calcinar los crisoles por 20 minutos a  $990^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante, inmediatamente antes de su empleo, dejar enfriar a temperatura ambiente en un desecador durante no menos 30 minutos y pesar.
- Colocar en el crisol, previamente calcinado y tarado 5g de muestra. Repartir la muestra en el crisol de manera uniforme, incinerar a  $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  hasta la completa combustión de la materia hasta obtener cenizas blancas o grisáceas durante 2 horas.
- Retirar el crisol de la mufla y colocar en un desecador, dejar enfriar en el desecador, extraer el crisol y pesar lo más rápidamente posible por el carácter higroscópico de la ceniza. Calcular el contenido de cenizas en % del peso seco de la muestra, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{100 (G_2 - G_1)100}{G(100 - H)}$$

Dónde:

C= Contenido de cenizas en 10 g de muestra seca.

G=Peso de la muestra, en g

G<sub>1</sub>= Peso del crisol vacío, en g

G<sub>2</sub>= Peso del crisol con las cenizas, en g

H= Contenido de humedad porcentual en la muestra



**Figura 13: Mufla**



**Figura 14: crisoles con muestra incinerada**

### 3.3.6 Porcentaje de grasa

Se determinan por extracción con éter, en un aparato de Soxhlet según:

**Procedimiento:** Transferir 10.0 g de muestra finamente dividida en el cartucho o dedal. Colocar el cartucho dentro del extractor Soxhlet, en la parte inferior ajustar un matraz con cuerpos de ebullición (llevados previamente a peso constante por calentamiento a 100 – 110°C). Colocar el refrigerante. Añadir éter de petróleo (40-60)°C (alrededor de 200 ml). Hacer circular el agua por el refrigerante y calentar hasta que se obtenga una frecuencia de unas 2 gotas por segundo. Efectuar la extracción durante 2.5 horas. Suspender el calentamiento, quitar el extractor del matraz y dejar caer una gota de éter del extractor a un papel o vidrio de reloj, si al evaporarse el éter se observa una mancha de grasa, ajustar el Soxhlet de nuevo al matraz y continuar la extracción.

Concentrar en el rotaevaporador el éter del matraz y secar a 100°C hasta peso constante. Calcular el porcentaje de grasa utilizando:

$$\% \text{ de Extracto Etéreo} = \frac{P - p}{M} * 100\%$$

Dónde:

P = Masa en gramos del matraz con grasa.

p = Masa en gramos del matraz sin grasa

M = Masa en gramos de la muestra



**Figura 15:** Extractor Soxhlet

### 3.3.7 Acidez

Para determinar la acidez se utilizó como base la NB107, el método se basa en una reacción ácido base.

**Procedimiento:** Pesar 5 g de muestra homogeneizada y colocar en un matraz Erlenmeyer, agregando luego 50ml de alcohol al 90% (v/v) neutralizado. Tapar el matraz y agitar durante 1 hora con agitador magnético. Tomar con una pipeta una alícuota de 10ml del líquido claro sobrenadante y colocar en el matraz Erlenmeyer. Agregar 1ml de fenolftaleína como indicador y titular con hidróxido de sodio 0.02N

hasta color rosa pálido. El contenido de acidez en la muestra se puede expresar como ácido sulfúrico, en base seca y se obtiene en base a la siguiente expresión:

$$\% \text{ de acidez expresada como } H_2 SO_4 = \frac{490N * V}{m(100 - H)} * \frac{V_1}{V_2}$$

Dónde:

V= Volumen de la solución alcohólica de NaOH 0.02N, gastados en la titulación, en ml

M= masa de la muestra, en g.

N= concentración del hidróxido de sodio.

V<sub>1</sub>= volumen de alcohol empleado en la extracción, en ml.

V<sub>2</sub>= Volumen de alícuota tomada en la titulación, en ml

H= Porcentaje de humedad en la muestra.



**Figura 16: fotografía de la muestra en agitación magnética**



**Figura 17: Fotografía de la titulación**

### 3.3.8 Determinación de proteínas totales

Se determinó el porcentaje de proteína utilizando el método de Kjeldahl, utilizando un factor de conversión de %N a %P de 5,7 (N x 5,7) (AACC 46-10, 2000).

Se determinan valorando el nitrógeno total por el método Kjeldahl y multiplicando por el factor 5.7 de acuerdo a la norma boliviana.

Se coloca 1g muestra en un matraz de digestión Kjeldahl con ácido sulfúrico concentrado. Añadir el catalizador, 15 g de sulfato de potasio, 0.04 g de sulfato de cobre anhidro, 1g de gránulos de alumbre y 20ml de ácido sulfúrico. Mezclar todo para que la muestra esté mojada por el ácido. Colocar el matraz en posición inclinada y calentar suavemente hasta que cese la generación de humos blancos claros y espuma. Hervir fuertemente hasta que la solución se clarifique i dejar hervir por más de 30 min. Enfriar evitando que cristalice. Añadir aproximadamente 20ml de agua para enfriar a 25 °C. Añadir 50 ml de NaOH concentrado e iniciar el proceso de destilación. Recoger el producto de la condensación en un recipiente que contiene una cantidad conocida de ácido sulfúrico y de 5 a 7 gotas de indicador rojo de metilo. Hervir hasta que todo el amonio haya destilado. Mantener el sistema armado hasta que todo el tubo condensador se haya drenado. Titular el destilado con solución de NaOH para neutralizar.

### **3.3.9 Método cualitativo de determinación del hierro agregado**

El propósito de las pruebas es la verificación de que las muestras de harina contienen hierro adicionado, el cual se utiliza como micronutriente “indicador” en la harina de trigo. Se realizó por el método cualitativo.

#### ***Procedimiento***

Se Preparó los siguientes reactivos: Ácido Clorhídrico 2N, se coloca de 83 ml de agua destilada en un vaso químico de 200 ml, luego agregar lentamente 17 ml de HCl concentrado, se mezcla; se prepara Tiocianato de Potasio al 10 % (KSCN), se pesa 10 g de KSCN en 100ml de agua destilada y se mezcla. Antes de hacer la reacción se mezclan 10 ml de la solución de Tiocianato de potasio con 10 ml de ácido clorhídrico 2N.

Se coloca el papel filtro sobre un vidrio reloj, humedeciendo el papel con la solución de Tiocianato de potasio al 10 % hasta que penetre todo el papel. Utilizar un tamiz, cernir la muestra de harina sobre el papel hasta formar una capa delgada en el área humedecida, quitar el exceso de harina. Agregar un poco más de solución acidificada de Tiocianato al 10 % sobre la harina, dejar reposar por unos minutos para que ocurra la reacción. La formación de puntos rojos indica la presencia de una sal férrica, luego añadir pequeñas cantidades de la solución de peróxido de hidrógeno al 3 %, dejar reposar por unos minutos para que ocurra la reacción. La formación de puntos rojos indica la presencia de hierro de cualquier fuente.

### **3.3.10 Determinación de bromato por el método cualitativo**

Se preparó una solución de ácido sulfúrico al 2%: 5 ml de ácido sulfúrico se colocan con aproximadamente 100 ml de agua destilada, el cual es transferido al balón aforado, este a su vez se enrasa con agua. Luego el yoduro de potasio es diluido a 2 %, pesar 5 gramos de yoduro de potasio y colocaren un vaso de precipitado con aproximadamente 100 ml. de agua destilada, el cual es transferido al balón aforado, enrasado con agua. Se toma una muestra de harina y se coloca sobre una superficie lisa. Se abre un agujero en la harina de modo que quede una superficie lisa y plana de harina. Mezclar 2 ml de ácido sulfúrico al 2% con dos ml de yoduro de potasio al 2%, la cual es regada en la superficie lisa y plana de harina, la reacción ocurre con la aparición de puntos negros.

### **3.3.11 Caracterización del almidón de la harina de trigo**

La caracterización del tipo de almidón que presenta la harina de trigo se realizó por microscopia factor 6,25; para observar el tipo de almidón que presenta las muestras de harina de trigo, se disolvió 5mg de cada muestra en cuatro tubos de ensayo, con 850µL de agua destilada, se dejó reposar por unos 15 minutos, de estas muestras no concentradas se extrae de cada muestra una alícuota 400 µL y se coloca en la placa de lectura, se identifica las imágenes.

### 3.3.12 Extracción de harina - Granulometría

El análisis granulométrico de extracción tiene por objetivo obtener la distribución por tamaño de la harina en cada proceso de la molienda. Se arma una torre de tres tamices con la malla N<sup>a</sup> 70 en la parte superior se coloca la muestra de cada proceso, zarandear el sistema durante 10 minutos para que por el tamiz traspase la harina 000. Pesar posteriormente la cantidad de harina acumulada en el tamiz y realizar los cálculos respectivos.



Figura 18: Tamizador giratorio



Figura 19: malla de 212 micrones

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

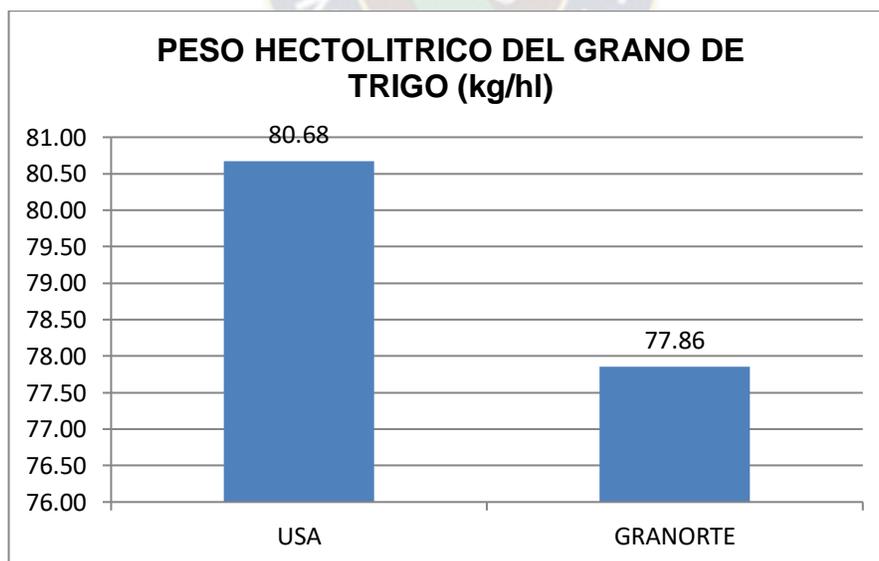
#### 4.1. El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo recepcionado

Se ha determinado el peso hectolítrico o peso específico (kg/hl) del trigo recepcionado para molienda, la cual es una medida de comercialización y calidad del grano de trigo y los resultados reportados son:

**Tabla 9: Peso hectolítrico y humedad del trigo recepcionado**

PARAMETRO	GRANO DE TRIGO USA	GRANO DE TRIGO BOLIVIA
Peso hectolítrico(kg/hl)	80,68	77,86
Desviación estándar	1,34	1,54
Coefficiente de variación %	1,66	1,98

**Gráfica 1: Comparación gráfica del peso hectolítrico de trigo USA y boliviano**



Por la gráfica 1, se puede observar que el peso hectolítrico del grano proveniente de E.E.U.U, tiene un valor de 80,68 (kg/hl) mayor al peso hectolítrico de grano boliviano

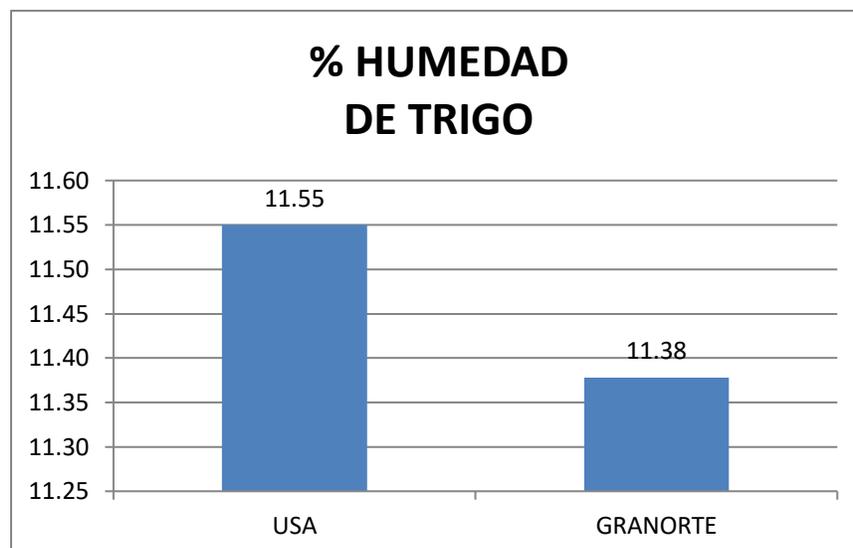
77,86 (kg/hl), comparando ambos valores existe una diferencia evidente de 2,82; el peso hectolítrico es determinado por las condiciones ambientales, lavado del grano por lluvia, duración del período de llenado y presencia de enfermedades, se presentan en granos infestados los cuales son invadidos y/o contaminados por insectos como gorgojos, polillas; granos chupados o chuzos que no tienen el llenado completo del endospermo el cual puede ser afectado por sequía, enfermedades antes del llenado del grano, otro factor que afecta el peso hectolítrico es las impurezas con las que llega el trigo (pajas, semillas, por esto existe una disminución del peso hectolítrico, el cual está relacionado con la extracción molinera, ya que a menor peso hectolítrico la extracción de harina del endospermo es menor; el peso hectolítrico del grano USA es mayor, este trigo presentaba uniformidad en sus granos y no presentaba impurezas, ni granos chuzos; pero el grano procedente de Santa Cruz presentaba impurezas, polvillo y granos chuzo, lo que disminuye el peso hectolítrico, porque impide que el trigo sea agrupado en forma compacta.

**Tabla 10: comparación de humedad del trigo recepcionado**

<b>PARAMETRO</b>	<b>GRANO DE TRIGO USA</b>	<b>GRANO DE TRIGO BOLIVIA</b>
<b>Humedad del trigo %</b>	11,55	11,38
<b>Desviación estándar</b>	0,41	0,37
<b>Coefficiente de variación %</b>	3,57	3,25

La presencia de una humedad alta hace que los granos se hinchen y disminuya el peso hectolítrico, además el exceso de humedad repercute en el tiempo de almacenado del trigo, porque es probable que llegue a enmohecerse.

**Grafica 2: Comparación grafica de humedad del trigo recepcionado**



La humedad del trigo USA es mayor a la de origen boliviano, esto se puede asociarse al clima, terreno, transporte utilizado para su importación, lo que determinará la molienda, lugar y tiempo de almacenaje.

#### **4.2 El peso hectolítrico y humedad de los granos de trigo acondicionado**

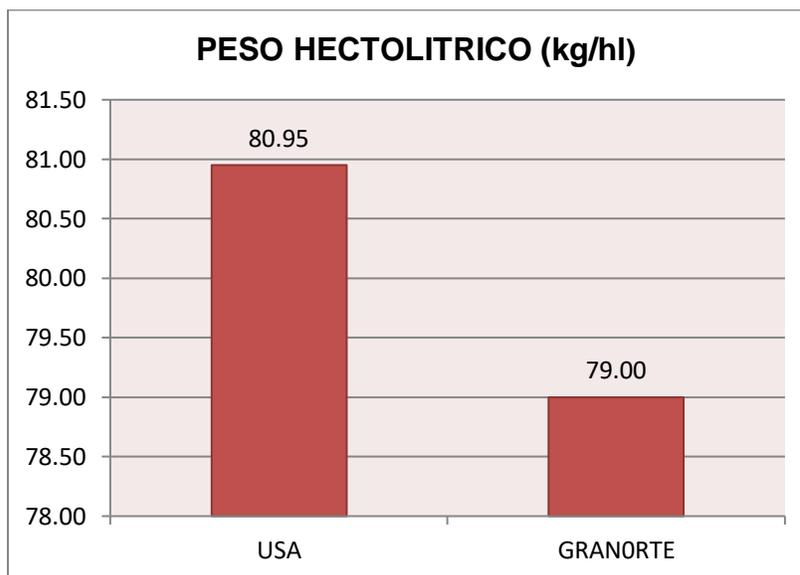
El peso hectolítrico del trigo acondicionado debe incrementar y en los resultados se puede evidenciar lo afirmado, porque para este proceso el trigo está libre de impurezas, trigos chuzos, lo enunciado es resultado de una limpieza por densidad y tamaño de las impurezas en el trigo.

**Tabla 11: peso hectolítrico del trigo acondicionado**

PARAMETRO	GRANO DE TRIGO USA	GRANO DE TRIGO BOLIVIA
<b>Peso hectolítrico(kg/hl)</b>	80,95	79,00
<b>Desviación estándar</b>	1,01	0,52
<b>Coficiente de variación %</b>	1,25	0,66

Esta limpieza hace que el peso hectolítrico incremente, otro factor para que el peso hectolítrico incremente es la cantidad de agua absorbida por el trigo.

**Gráfica 3: Comparación del peso hectolítrico del trigo acondicionado**



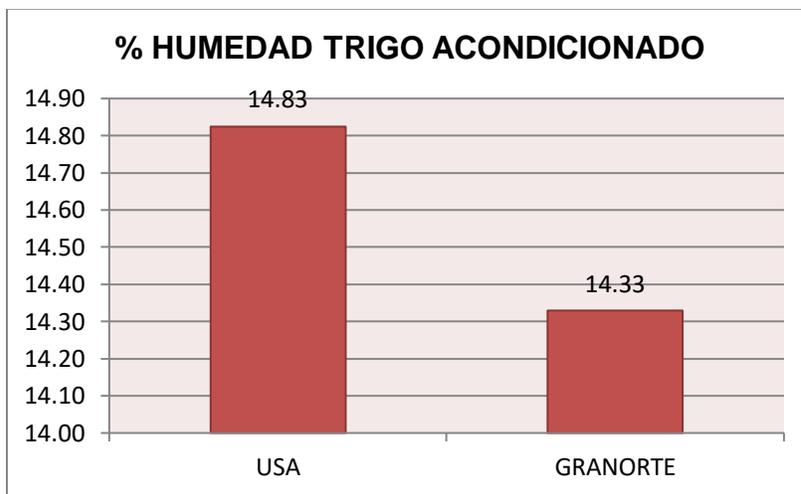
Los datos de la tabla 12 muestran la humedad del trigo acondicionado, es decir, el trigo lavado; este proceso se realiza para limpieza y ablandamiento del grano de trigo para molinero, según los datos se puede observar que el grano de trigo USA tiene mayor capacidad de absorción de humedad que el trigo de boliviano.

**Tabla 12: Resultados de la humedad del trigo acondicionado**

PARAMETRO	TRIGO USA	TRIGO BOLIVIANO
Humedad del trigo acondicionado (%)	11,55	11,38
Desviación estándar	0,41	0,37
Coefficiente de Variación (%)	3,57	3,25

Esta capacidad de absorción es atribuible a la uniformidad de granos que presentaba la muestra, si el trigo tiene el endospermo lleno entonces tiene mayor absorción de agua, lo contrario ocurre en trigos que no tienen uniformidad teniendo poca capacidad de absorción de agua como trigos chuzos que carecen de un endospermo completo.

**Grafica 4: Comparación gráfica de humedad del trigo acondicionado**



### 4.3 Humedad de la harina

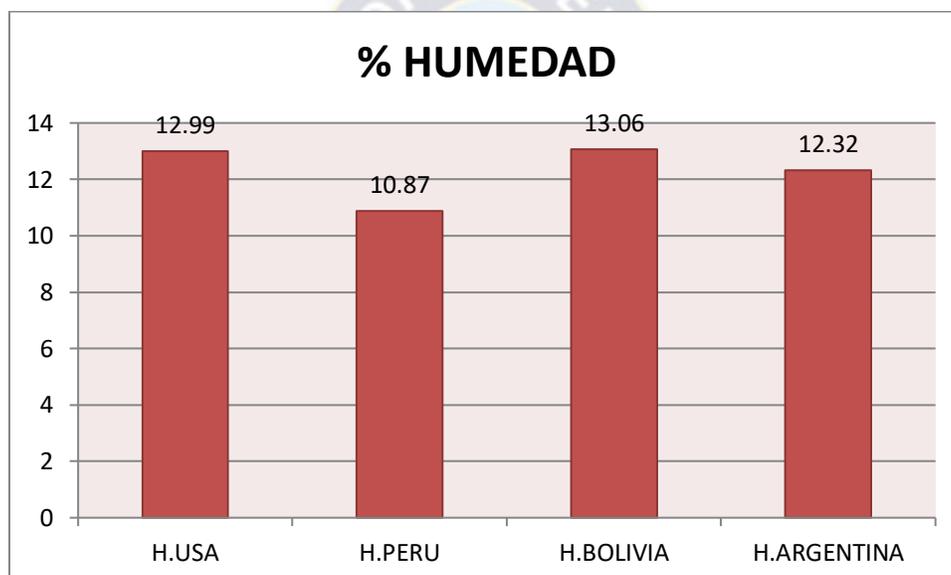
El porcentaje de humedad de los productos de molienda es importante desde el punto de vista de comercialización y vida útil. La tabla 13 muestra la humedad de las muestras de harina las cuales están dentro de los límites permisibles que señala la norma boliviana.

**Tabla 13: Resultados de la humedad de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
Humedad de la harina de trigo	12,99%	10,87%	13,06%	12,32%
Desviación estándar	0,27	0,18	0,30	0,30
Coefficiente de Variación	2,11%	1,67%	2,26%	2,45%
Especificación NB 680	Máximo 15%	Máximo 15%	Máximo 15%	Máximo 15%
Resultado	cumple	cumple	cumple	cumple

El coeficiente de variación no sobrepasa el 3%, por tanto el ensayo es confiable, cumpliendo con la norma establecida las cuatro muestras son menores al 15%; la harina peruana tiene una humedad de 10,87%, este resultado puede atribuirse al envase de empaque, siendo este de papel, mientras la argentina presenta un empaque de nylon con yute, y las otras dos son empacadas en yute.

**Gráfica 5: Comparación gráfica de la humedad de las muestras de harina de trigo.**



#### **4.4 Determinación Organoléptica de las muestras de harina de trigo**

Para la determinación organoléptica de las cuatro muestras de harina fortificada, se toman en cuenta cuatro parámetros, como ser: Aspecto, color, olor y sabor, consistencia. La apariencia superficial y color de los alimentos son el primer parámetro de calidad evaluada por los consumidores y es un factor crítico para la aceptación del alimento por los consumidores. La evaluación de color de harina es importante ya que está relacionada con la calidad de los productos terminados, eficiencia del proceso de molienda, grado de refinación o extracción y como medida de control de calidad para harinas blanqueadas.

**Tabla 14: resultados de la determinación organoléptica de la harina de trigo USA**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN NB 680</b>
<b>Aspecto</b>	Exento de sustancias y cuerpos extraños.	Exento de sustancias y cuerpos extraños
<b>Color</b>	Blanco cremoso	Blanco, blanco cremoso o blanco amarillento.
<b>Olor y sabor</b>	Característico del grano molido libre de rancidez y moho.	Característico
<b>Consistencia</b>	Polvo fluido sin grumos.	Polvo fluido en toda su masa

El tabla 14 muestra el resultado de la determinación organoléptica, donde se evidencia el cumplimiento de la norma boliviana,

**Tabla 15: Determinación organoléptica de harina de trigo peruano**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN NB 680</b>
<b>Aspecto</b>	Exento de sustancias y cuerpos extraños.	Exento de sustancias y cuerpos extraños
<b>Color</b>	Blanco	Blanco, blanco cremoso o blanco amarillento.
<b>Olor y sabor</b>	Característico del grano molido libre de rancidez y moho.	Característico
<b>Consistencia</b>	Polvo fluido sin grumos.	Polvo fluido en toda sumasa

El tabla 15 muestra el resultado de la determinación organoléptica, donde se evidencia el cumplimiento de la norma boliviana, con un aspecto exento de sustancias y cuerpo extraños, polvo fluido libre de rancidez y grumos, de color blanco aplicable al uso de blanqueadores, para estética del producto.

**Tabla 16: Determinación organoléptica de harina de trigo boliviano**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN NB 680</b>
Aspecto	Exento de sustancias y cuerpos extraños.	Exento de sustancias y cuerpos extraños
color	Blanco cremoso	Blanco, blanco cremoso o blanco amarillento.
olor y sabor	Característico	Característico
consistencia	Polvo fluido sin grumos.	Polvo fluido en toda su masa

El tabla 16 muestra el resultado de la determinación organoléptica, cumpliendo con la especificación 680 de la norma boliviana, la harina de trigo fortificada presenta un aspecto exento de sustancias y cuerpos extraños, de color cremoso natural del endospermo y polvo fluido libre de rancidez y grumos.

**Tabla 17: Determinación organoléptica de harina Argentina**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN NB 680</b>
Aspecto	Exento de sustancias y cuerpos extraños	Exento de sustancias y cuerpos extraños
color	Blanco	Blanco, blanco cremoso o blanco amarillento.
olor y sabor	Característico	Característico
consistencia	Polvo fluido sin grumos.	Polvo fluido en toda su masa

El tabla 17 muestra la determinación organoléptica de la harina fortificada de origen argentino, donde se evidencia el cumplimiento de la norma boliviana en harina de trigo fortificada, presentando un aspecto exento de sustancias y cuerpo extraños, polvo fluido libre de rancidez y grumos, de color blanco que se puede atribuir al uso de blanqueadores, por estética del producto.

## 4.5 Determinación de gluten

El ensayo se realizó por cuadruplicado, por el método B (mecánico) que indica la Norma Boliviana 106

### 4.5.1 Gluten húmedo

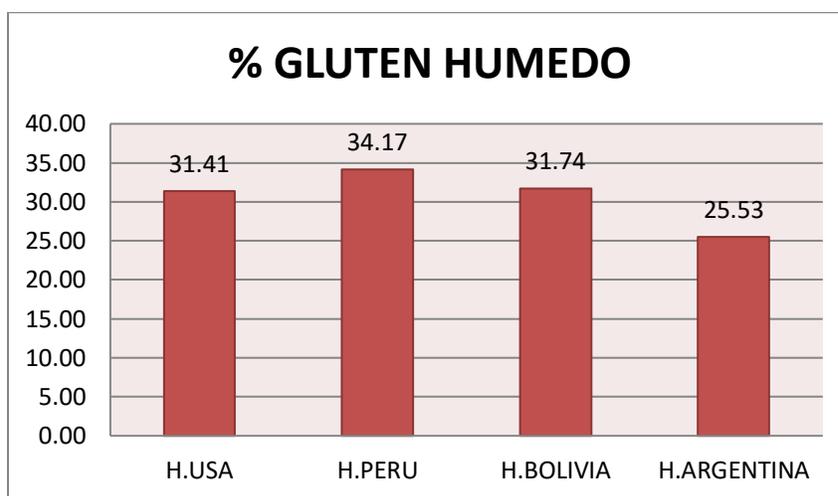
El gluten húmedo calculado en las cuatro muestras de harina de trigo, están dentro del rango de la Norma Boliviana; el gluten proteína natural del trigo, proporciona estructura, elasticidad y esponjamiento a la masa, retiene gas y vapor en el horneado y es crítico para la calidad tecnológica de la harina de trigo, sin embargo la harina argentina posee bajo porcentaje de gluten en comparación con la harina de trigo USA, peruana y boliviana; entonces su efectividad panadera puede atribuirse al uso mejoradores de masa, la harina USA posee un alto porcentaje de gluten al igual que la harina de trigo boliviano, pero la harina de trigo peruana posee un % de gluten mayor a las tres muestras lo que le hace efectiva para el uso en panadería.

**Tabla 18: Resultados del gluten húmedo de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% Gluten húmedo	31,41	34,17	31,74	25,53
Desviación estándar	0,33	0,60	0,51	0,26
Coefficiente de Variación (%)	1,05	1,75	1,61	1,02
Especificación NB 680	Mínimo 23%	Mínimo 23%	Mínimo 23%	Mínimo 23%
Resultado	cumple	cumple	cumple	cumple

También puede caracterizarse el gluten por su elasticidad que presenta, por ejemplo el gluten argentino, USA presentaba una estructura muy elástica, a diferencia de la harina de trigo boliviano y peruano que al estirarlo rápidamente se fragmentaba en dos partes, otros molinos extraen la sémola de la harina de trigo, la cual posee una cantidad de gluten, este puede ser el caso de la harina de trigo argentino.

**Gráfica 6: Comparación gráfica del gluten húmedo en las muestras de harina**



El contenido de gluten húmedo es mayor en la harina peruana, disminuye en la harina de trigo USA, seguido de la harina de trigo boliviana y disminuye críticamente en la harina de trigo argentina, este resultado es crítico, por el hecho de que la harina argentina según lo indicado en el capítulo 1 es una de las harinas que Bolivia importa en mayor cantidad, es una harina demandada por panaderos por la característica panadera que presenta en la elaboración de los panes de batalla, analizando el resultado anterior podríamos atribuir al uso de enzimas por la característica que presenta.

El rango obtenido en esta investigación de proteínas formadoras del gluten húmedo fue de 25,53 a 31,41% grafica 6, cumplen con la Norma Boliviana; pero la harina de origen argentino está casi al límite del mínimo expresado en la norma.

#### **4.5.2 Gluten Index**

La calidad de gluten puede estimarse separando el gluten blando del duro, este procedimiento es realizado en una centrifugadora que presenta una malla. En las muestras de gluten débil la proporción que atraviesa la malla es mayor que en las más fuertes, lo que se esperaría es que el gluten índice sea el 100%, la harina peruana

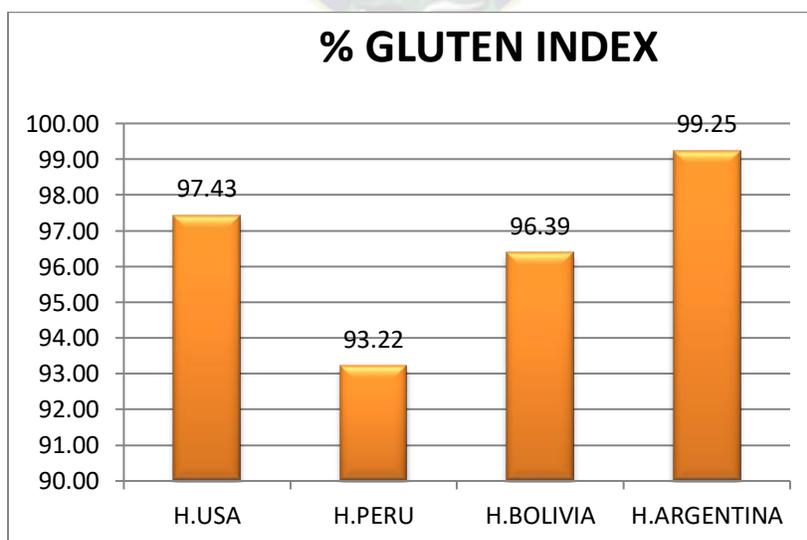
presenta menor cantidad de gluten índice, es decir su gluten es duro es del 93,22%, la harina de trigo boliviano presenta un gluten índice de 96,39 %, la harina de trigo USA presenta un gluten Index de 97,43%, pero la harina de trigo argentino tiene un índice de gluten de 99,25%, es decir, la calidad de gluten duro es casi el 100%, este resultado puede ser atribuido a su calidad panadera.

**Tabla 19: Resultados del gluten Index de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% Gluten Index	97,43	93,22	96,39	99,25
Desviación estándar	0,42	0,80	0,66	0,25
Coefficiente de Variación (%)	0,43	0,86	0,68	0,25

La grafica 7 muestra la diferencia que existe entre las cuatro muestras, no existe una norma que establezca la cantidad mínima de gluten Index, ya que esta característica es solo para estimar la calidad de gluten.

**Grafica 7: Comparación gráfica del gluten Index en las muestras de harina**



### 4.5.3 Gluten Seco

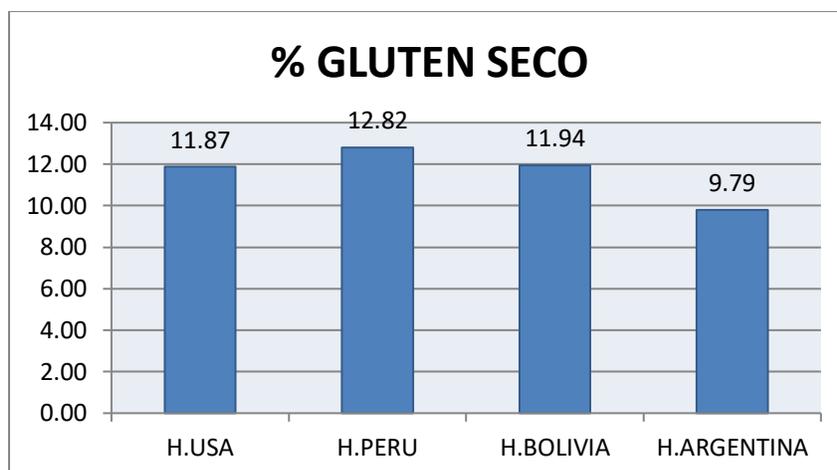
El gluten seco es el gluten húmedo horneado en una tostadora de pan plana, por un tiempo de 12 minutos, la muestra de harina de trigo peruana tiene un gluten húmedo de 34,17% y gluten seco de 12,82%, la muestra de harina de trigo boliviano tiene un gluten húmedo de 31,74% y gluten seco de 11,94%, la muestra de harina de trigo USA tiene un gluten húmedo de 31,41% y gluten seco de 11,87% y la muestra de harina de trigo argentina así como presenta un gluten húmedo de 25,53%, de la misma manera presenta un gluten seco de 9,79%; por lo tanto el gluten seco influye en el volumen de pan, generalmente las harinas con mayor contenido en gluten dan mayor volumen en panificación.

**Tabla 20: Resultados del gluten seco de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% Gluten Seco	11,87	12,82	11,94	9,79
Desviación estándar	0,73	0,45	0,51	0,45
Coefficiente de Variación %	6,15	3,55	4,28	4,61

Los datos de la gráfica 8 muestra la comparación de las cuatro variedades de harina de trigo, teniendo un porcentaje alto de gluten seco la harina de trigo peruano, seguido de la harina de trigo boliviano, luego la harina de trigo USA y por último la harina de trigo argentino. El coeficiente de variación es 6,15% para el cálculo de gluten seco de la harina de trigo peruana, pero este valor es aceptable porque está debajo del 7% para la cantidad de muestras tomadas.

**Grafica 8: Comparación gráfica del gluten seco en las muestras de harina**



#### 4.6 Cenizas

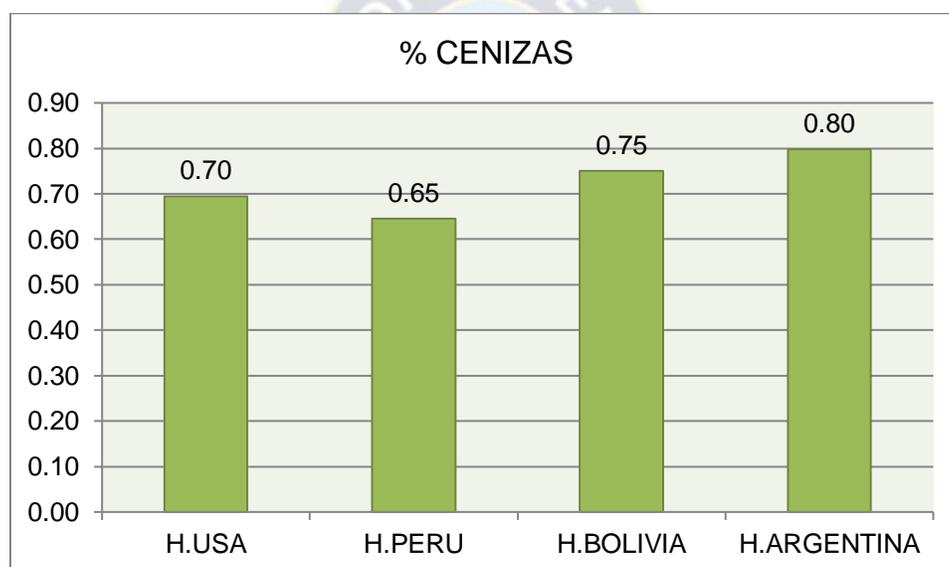
El proceso de la determinación de cenizas se realizó por el método B de la NB 075, por incineración a  $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  por 2 horas, de esta manera se obtuvo los residuos grises de las cuatro muestras de harina presentados en la tabla 21, con su desviación estándar que nos permite determinar la fluctuación de los datos respecto a media que y el coeficiente de variación de los datos.

**Tabla 21: Resultados del contenido de cenizas de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% de cenizas	0,70	0,65	0,75	0,80
Desviación estándar	0,01	0,02	0,04	0,05
Coficiente de Variación %	1,86	3,69	5,22	6,74
Especificación NB 680	Máximo 0,90%	Máximo 0,90%	Máximo 0,90%	Máximo 0,90%
Resultado	cumple	cumple	cumple	cumple

Según la norma NB 680 el máximo de cenizas no debe sobrepasar el 0,90%, si sobrepasa este valor se considera que la harina de trigo tiene un grado de extracción mayor, porque al aumentar la extracción de endospermo de las partes periféricas del grano también aumenta la fragmentación de las partículas de salvado y por consiguiente el contenido de cenizas. La harina más blanca, es decir la de más bajo contenido de cenizas se obtiene en el segundo cilindro de reducción, también llamados «cabeza del molino».

**Gráfica 9: Comparación gráfica del contenido de cenizas en las muestras de harina**



La grafica 9 muestra el contenido de ceniza de las cuatro muestras, la harina de trigo argentino tiene contenido de cenizas de 0,80%, por el uso de blanqueadores o enzimas utilizadas para el mejoramiento del producto, luego la harina de trigo boliviano con 0,75% de cenizas que por supuesto no sobrepasa el limite pero se atribuye a una extracción alta, es decir, con salvado que aumenta el contenido de cenizas que es identificable en la densidad de pecas que esta harina presenta, seguido de la harina de trigo USA la cual es de contenido de 0,70% de igual manera presenta pocas pecas y la harina de trigo peruano presenta pocas pecas.

#### 4.7 Porcentaje de grasa

La extracción de grasas se realizó por el método de extracción continua con éter, en un aparato de Soxhlet, sistema de extracción cíclica, por el tiempo de extracción de 2 horas y media.

El endospermo está formado por 70% de almidones, 12% de proteínas y 1.7% de grasas, la norma Codex indica que el endospermo tiene un porcentaje de grasa de 1.2 – 2%, Las porciones exteriores del grano de trigo contienen apreciablemente más aceite que el resto, así las harinas más blancas contienen la menor proporción alrededor del 1%.

Los resultados de la tabla 22 están por debajo del reportado por bibliografía; la harina de trigo peruano tiene 1.01% de grasa, resultado aplicable a una buena separación del germen el cual tiene un alto porcentaje de grasa; la harina de trigo argentino posee 0.97% de grasa, de la misma manera la separación del germen de trigo puede ser eficiente; en el caso de estas dos últimas muestras, es decir, la harina de trigo USA tiene 0.93% de grasa y la harina de trigoboliviano que tiene 0,85% de grasa, tienen en común el mismo molino, es 0.85 % en la harina de trigo boliviano es debido al trigo utilizado para molienda, el cual presentaba granos infestados, estos insectos atacan al trigo por la parte del germen.

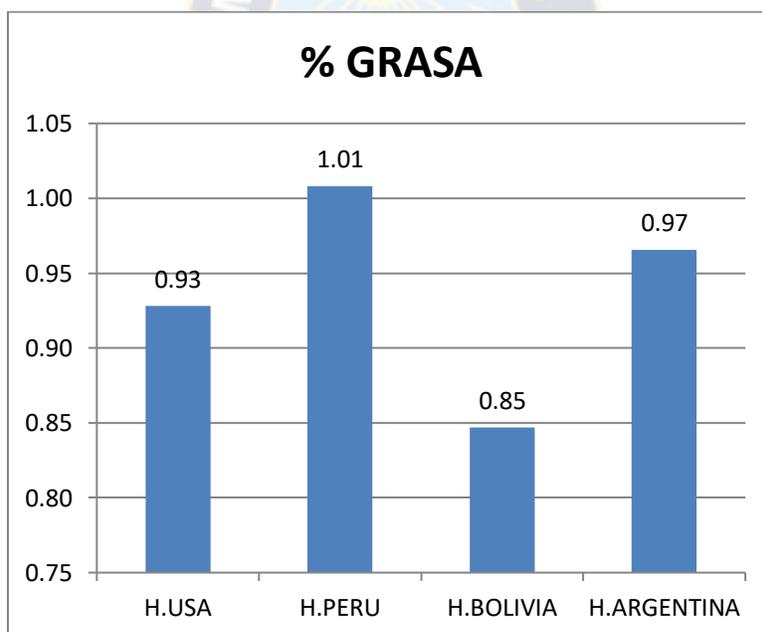
**Tabla 22: Resultados del % de grasa de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% grasa	0,93	1,01	0,85	0,97
Desviación estándar	0,01	0,03	0,03	0,02
Coefficiente de Variación %	1,20	2,74	3,79	2,15

Los resultados expuestos en la tabla 22 están por debajo del reportado por bibliografía; la harina de trigo peruano tiene 1.01% de grasa, resultado aplicable a una buena separación del germen el cual tiene un alto porcentaje de grasa; la

harina de trigo argentino posee 0.97% de materia grasa, de la misma manera la separación del germen de trigo puede ser eficiente; en el caso de estas dos últimas muestras, es decir, la harina de trigo USA que tiene 0.93% de grasa y la harina de trigoboliviano que tiene 0,85% de grasa, tienen en común el mismo molino, el porcentaje menor de grasa en la harina de trigo boliviano es debido al trigo utilizado para molienda, el cual presentaba granos infestados, los cuales se caracterizan por tener una extracción de germen bajo, porque los insectos que atacan al trigo necesariamente atacan al trigo por la parte del germen la cual es la más blanda del grano, usando un trigo en estas condiciones se esperaría este resultado.

**Gráfico 10: Comparación gráfica del % de grasa de las muestras de harina**



#### 4.8 Acidez

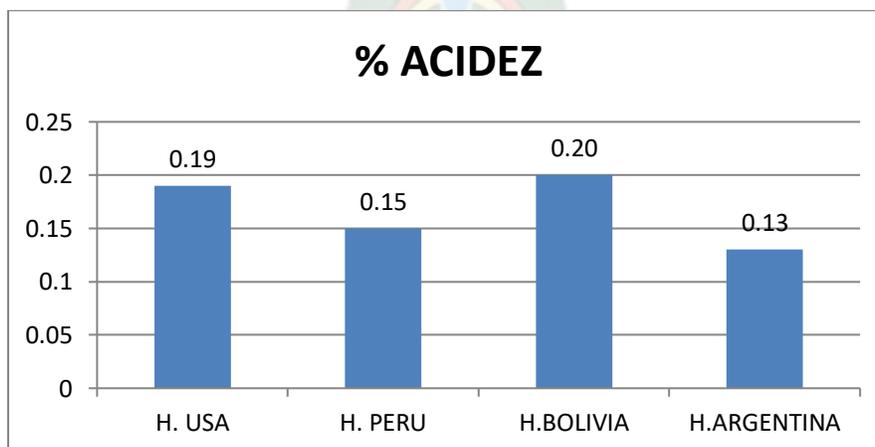
La acidez fue determinada por el método NB107, los valores encontrados se muestran en la tabla 23, cada valor con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación.

**Tabla 23: Resultados del % de acidez de las muestras de harina**

PARAMETRO	HARINA USA	HARINA DE PERU	HARINA DE BOLIVIA	HARINA DE ARGENTINA
% acidez	0,19	0,15	0,20	0,13
Desviación estándar	0,004	0,004	0,002	0,004
Coefficiente de Variación %	2,14	2,75	1,17	3,14
Especificación NB 680	Máximo 0.22%	Máximo 0.22%	Máximo 0.22%	Máximo 0.22%
Resultado	cumple	cumple	cumple	cumple

La acidez de las harinas se debe a la presencia de ácidos grasos, estos están en el endospermo del trigo, una acidez alta puede llegar a modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación. Según la NB 680 el máximo de acidez es de 0.22%, la harina de trigo USA presenta una acidez de 0.19%, la harina de trigo peruana tiene una acidez de 0.15%, la harina de trigo argentina presenta una acidez de 0.13% y la harina de trigo boliviano presenta una acidez de 0,20%; estos valores son altos con respecto al límite máximo, esto puede atribuirse a un mal almacenamiento del producto, porque la acidez de la harina aumenta a medida que pasa el tiempo de almacenamiento,

**Gráfica 11: Comparación gráfica del % de acidez de las muestras de harina.**



#### 4.9 Determinación de proteínas totales

El contenido de proteínas totales se determinó por la NB 076 método de Kjeldahl, el porcentaje de proteína se obtiene utilizando el factor 5.7; el total de proteínas se calculó en función del contenido de nitrógeno de la muestra de harina de trigo, este análisis se determinó con la ayuda del Laboratorio de Calidad Ambiental, obteniéndose un 12% de proteína total para la harina de trigo USA, 12% para la harina de trigo de Perú, 13% para la harina de trigo de Bolivia, 11% para la harina de trigo argentina.

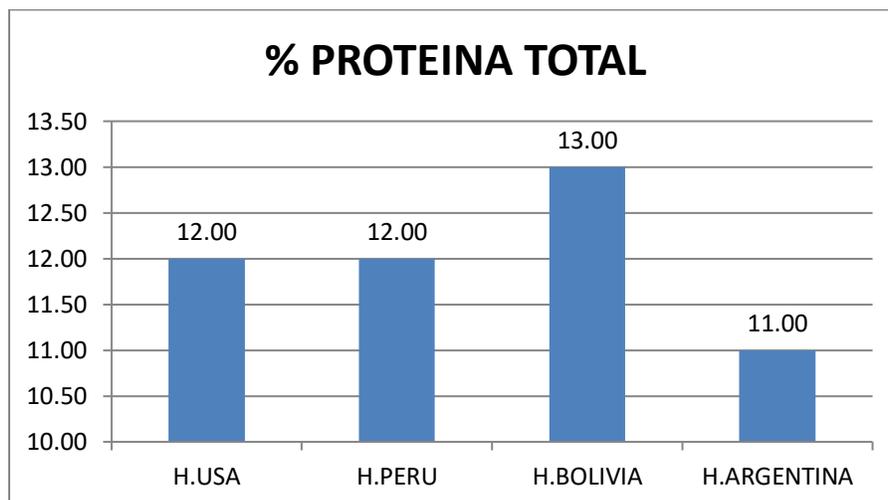
Cuando una harina de trigo tiene una proteína alta da una masa con alta absorción de agua y volumen de pan con corteza de pan oscura, pero la harina con proteína baja tiene baja absorción de agua y volumen de pan bajo, sin embargo la harina de trigo argentino es la que más se importa a Bolivia por su calidad panadera, de acuerdo a los datos observados se puede atribuir al uso de mejoradores utilizados industrialmente para brindarle mayor volumen a la masa para la preparación del pan, estos agentes oxidantes modifican las proteínas, dando lugar a un gluten más elástico que absorbe mayor cantidad de agua y retiene más dióxido de carbono dando como consecuencia mayor volumen de la pieza. Pero la harina de trigo USA y Peruano tiene 12% de proteína total más baja que la harina de trigo boliviano que tiene 13% de proteína total, todas las muestras de trigo cumplen con la NB.

**Tabla 24: Resultados del % de proteína total las muestras de harina.**

<b>PARAMETRO</b>	<b>HARINA USA</b>	<b>HARINA DE PERU</b>	<b>HARINA DE BOLIVIA</b>	<b>HARINA DE ARGENTINA</b>
<b>% Proteína total</b>	12.00	12.00	13.00	11.00
<b>Especificación NB 680</b>	Mínimo 8 %	Mínimo 8 %	Mínimo 8 %	Mínimo 8 %
<b>Resultado</b>	cumple	cumple	cumple	cumple

La proteína total del trigo dependerá del tipo de terreno y procedencia del trigo. La cantidad y composición de la proteína de trigo son responsables del potencial de panificación de una harina y de las diferentes calidades de los trigos.

**Gráfica 12: Comparación gráfica del % de proteína total de las muestras de harina.**



#### **4.10 Determinación cualitativa del hierro agregado**

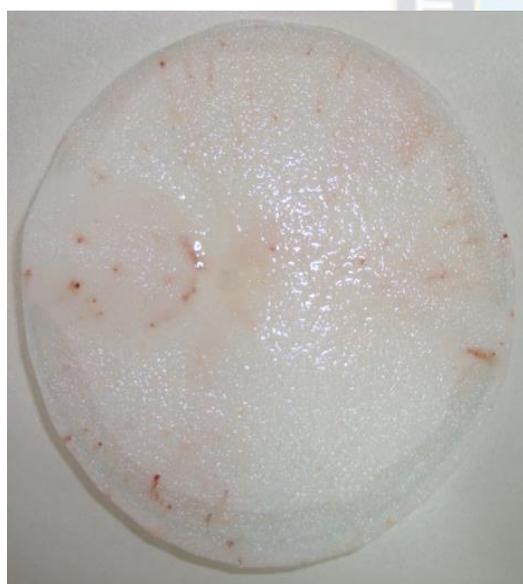
Para la determinación cualitativa del hierro agregado a la harina de trigo, se utilizó el método de manchas para verificar el cumplimiento de la fortificación y la distribución homogénea del fortificante en las muestras de harina de trigo, para este proceso se realizó la fortificación a una muestra de harina en el laboratorio, la cual se utilizó como patrón para comparación con las muestras de harina de trigo a ser evaluadas, en base a esta muestra se clasificó como distribución baja, normal, alta.

Si observamos la figura 20, el contenido y la densidad de puntos de hierro en las muestras de harina de trigo Argentina y Peruana son comparables a los del nivel de hierro promedio agregado en el laboratorio y la distribución del fortificante es alta y uniforme; sin embargo en las muestras de harina de trigo USA y boliviano, se observa en la tabla 25 que la distribución es dispersa y acumulada en algunos puntos de la muestra, lo que demanda verificar el dosificador.

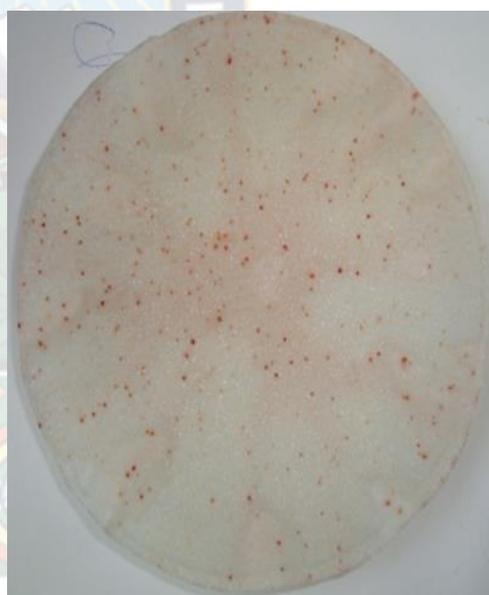
**Tabla 25: Resultado cualitativo de la distribución y densidad de puntos de hierro**

MUESTRA	BAJA	NORMAL	ALTA	OBSERVACION
Harina de trigo USA	X			Distribución baja
Harina de trigo Peruana			X	Distribución uniforme
Harina de trigo Boliviana	X			Distribución baja
Harina de trigo Argentina			X	Distribución uniforme

**Figura 20: Determinación cualitativa del hierro agregado a la harina de trigo fortificada.**



**Harina de trigo USA**



**Harina de trigo Peruano**



**Harina de trigo Boliviano**



**Harina de trigo Argentino**

#### **4.11 Determinación cualitativa de bromato de potasio en harina de trigo**

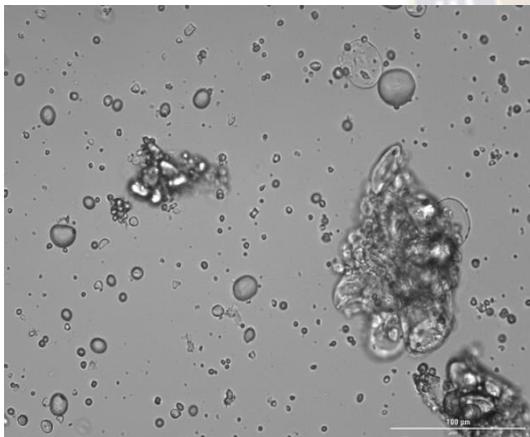
Al realizar el estudio cualitativo en estas muestras de harina no se observó la aparición de puntos negros en la superficie de harina al rociar con la solución de prueba. Esto indicó la ausencia de bromatos en el producto, se realizaron 3 pruebas cualitativas para asegurar la validez de los resultados de los análisis este producto no contiene bromato añadido.

**Tabla 26: determinación cualitativa de bromato de potasio**

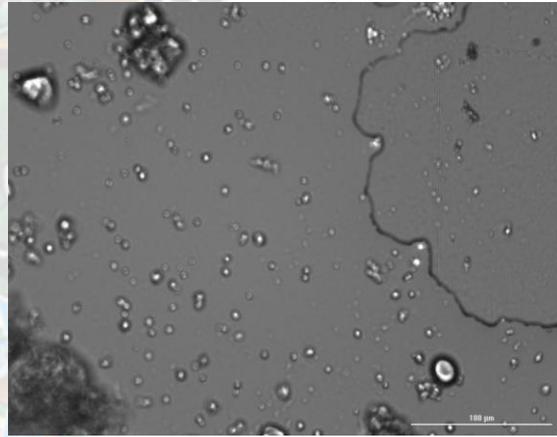
<b>MUESTRA</b>	<b>POSITIVO</b>	<b>NEGATIVO</b>	<b>OBSERVACION</b>
Harina de trigo USA		X	ninguna
Harina de trigo Peruana		X	ninguna
Harina de trigo Boliviana		X	ninguna
Harina de trigo Argentina		X	ninguna

#### 4.12 Almidón de la harina de trigo

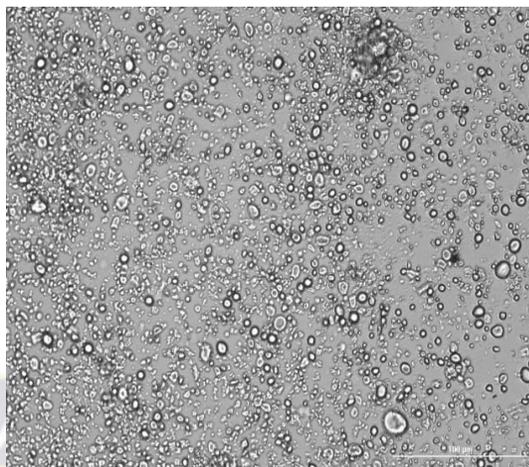
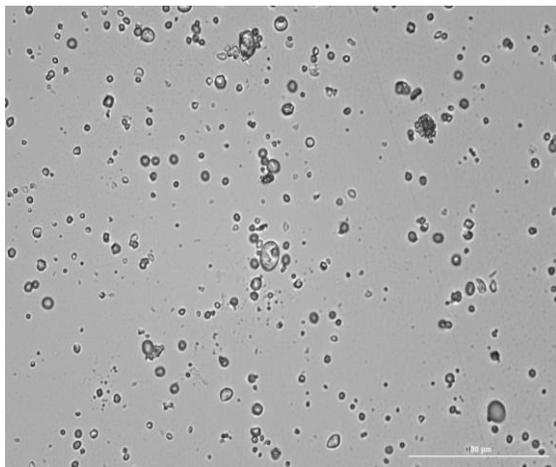
Usando el equipo de microscopia para almidones se obtuvo las fotografías de la figura 21 donde se observa que el trigo USA y peruano, tiene acumulaciones de almidón en ciertas partes de la muestra, esto hace referencia a una muestra de harina o trigo guardado por mucho tiempo, lo que coincide con la harina de trigo USA la cual es molienda de un trigo guardado y la harina de trigo peruano también es una harina guardada por la acumulación del almidón; mientras que la harina de trigo boliviano muestra la distribución uniforme de almidones, en la harina de trigo argentino la distribución de los almidones es más densa, uniforme y tiene un tamaño pequeño, esto implica que su gelatinización es pequeña por lo tanto su radio de acción es pequeña, harinas con partículas pequeñas usualmente tienen daño de almidón y cierto nivel de daño de almidón es beneficioso para la absorción y fermentación de la masa, esto explica que la harina de trigo argentino es más eficaz para panificación.



**(1) HARINA DE TRIGO USA**



**(2) HARINA DE TRIGO PERUANO**



(3) HARINA DE TRIGO BOLIVIANO

(4) HARINA DE TRIGO ARGENTINO

**Figura 21: Fotografía de microscopía del almidón de las muestras de harina.**

#### 4.13 Extracción de harina - Granulometría

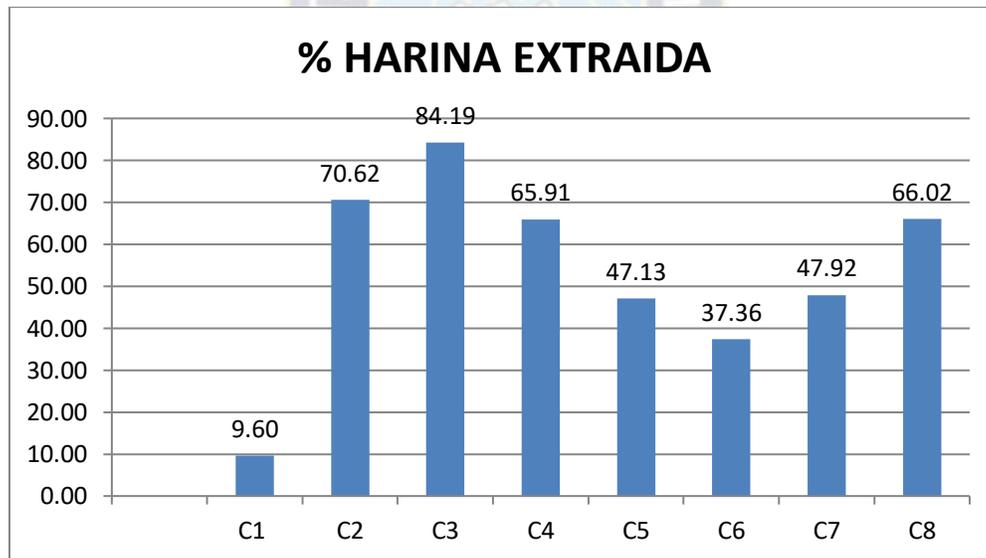
Se midió el porcentaje de extracción de harina del endospermo en cada proceso de molienda, donde solo se utilizó la malla CB 36 equivalente a la malla de N<sup>a</sup> 70 la cual es para harina de calidad 000, el porcentaje que no atravesó la malla son residuos de salvado de diferente tamaño pegado a una parte del endospermo, por eso en cada etapa cambia el grado de extracción.

**Tabla 27: harina extraída en cada etapa de molienda**

ETAPA DE MOLIENDA	% HARINA EXTRAIDA
C1	9,60
C2	70,62
C3	84,19
C4	65,91
C5	47,13
C6	37,36
C7	47,92
C8	66,02

Un tamaño de partícula fino es decir, un valor alto en la harina nos indica que el grano de trigo es suave, los valores encontrados se indica en el tabla 27, donde se midió la cantidad de masa de harina que atravesó la malla, es decir que en cada etapa del proceso de molienda hay un porcentaje de harina ya con calidad de 000 la cual atraviesa una malla de 212 micrones o en otra nomenclatura es equivalente a una malla N<sup>a</sup> 70. Al analizar la gráfica 15, nos muestra que el proceso de mayor extracción de harina del endospermo es la etapa C3, seguida de la C2, C8, C4, C7, C5, C6, C1; las harinas analizadas son de calidad 000; por esta razón se realizó solo una prueba.

**Gráfica 13: harina extraída en cada etapa de molienda**



## CAPITULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó la calidad del trigo por el peso hectolítrico del trigo, el trigo USA tiene un peso hectolítrico de 80,68 kg/hl y el de Santa Cruz 77,86 kg/hl, el primero presentaba uniformidad en los granos y el trigo recepcionado de Santa Cruz presentaba impurezas, granos chuzos y agorgojados, después de una separación por densidad aumenta el peso hectolítrico del trigo USA a 80,95 kg/hl y el de Santa Cruz a 79,00 kg/hl, por el hecho de que el primero no presentaba muchas impurezas, pero el segundo si presentaba impurezas y por una separación de estas impurezas aumenta el peso hectolítrico, otro factor para que el peso hectolítrico incremente es la cantidad de agua absorbida por el trigo, porque el trigo USA incrementa la humedad de 11,55 % a 14,83 % y el trigo proveniente de Santa Cruz incrementa la humedad de 11,38% a 14,33%.
- Se determinó la humedad de las muestras de harina de trigo, todas las muestras no sobrepasan el 15% de humedad según la especificación de la NB 680, estando el alimento dentro de los límites permisibles y conforme a su comercialización, porque de este la humedad depende las propiedades reológicas y textura, también es responsable de las reacciones químicas.
- Se evaluó las propiedades organolépticas de las cuatro muestras de harina y las cuatro muestras cumplen la especificación de la NB 680, es resaltante destacar que la harina de trigo USA y la harina de trigo boliviano tienen un color cremoso, mientras que la harina de trigo argentino y peruano presentan un color blanco, la evaluación del color de harina es importante ya que está relacionada con la calidad de los productos terminados, eficiencia del proceso de molienda, grado de refinación o extracción y como medida de control de calidad para harinas blanqueadas.
- El gluten de trigo es un importante contribuyente al comportamiento de la harina en su uso final, en las cuatro muestras de harina de trigo se obtuvo el rendimiento del gluten y estas cumplen la NB 680, cabe destacar que el rendimiento de gluten húmedo y seco de la harina de trigo argentino es menor

en comparación con las demás, pero este producto cubre el 87% de la importación, demandado principalmente por panaderos, y el 7% de la importación es de la harina de trigo peruano, la harina de trigo USA es distribuido a un mercado exclusivo y la harina trigo boliviano es proporcionado a EMAPA. Pero el rendimiento en el gluten Index es mejor en la harina de trigo argentino siendo 99,25 % a comparación de la harina de trigo USA 97,43%, boliviano 96,39% y peruano 93,22%; se espera que el gluten Index debería ser el 100% cuando la calidad de gluten es duro, por el hecho de que tiene mayor fuerza para retener el gas producido por la fermentación, factor clave en las características panaderas de cada trigo.

- Se determinó las cenizas de las muestras de harina y cumplen con la NB 680, las cenizas de la harina de trigo argentino es de 0.80%, harina de trigo boliviano 0.75%, harina de trigo USA 0.70% y harina de trigo peruano 0.65%, a mayor grado de extracción de endospermo de las partes periféricas del grano, también aumenta la fragmentación de las partículas de salvado y por consiguiente el contenido de cenizas.
- Se cuantificó el porcentaje de grasa de las cuatro muestras de harina de trigo, la harina de trigo peruano y argentino tiene 1.01% y 0.97% de grasa, resultado aplicable a una buena separación del germen; mientras que la harina de trigo USA y boliviano tiene 0.93% y 0,85% de grasa, ambas tienen en común el mismo molino, el porcentaje menor de grasa en la harina de trigo boliviano es debido al trigo utilizado para molienda, el cual presentaba granos infestados, los cuales se caracterizan por tener una extracción de germen bajo, porque los insectos que atacan al trigo necesariamente atacan al trigo por la parte del germen la cual es la más blanda del grano, usando un trigo en estas condiciones se esperaría este resultado.
- Se determinó la acidez de las cuatro muestra de harina teniéndose una acidez alta para la harina de trigo boliviano según tabla 23, seguido de USA, peruano y argentino; una acidez alta llega a modificar la elasticidad del gluten y en la harina de trigo argentino el gluten Index se caracterizaba por tener una elasticidad mayor a las demás.

- Se determinó el porcentaje de proteínas totales, obteniéndose un valor mayor para la harina boliviana según grafica 12, una harina de trigo con proteína alta da una masa con alta absorción de agua y volumen de pan con corteza de pan oscura, pero la harina con proteína baja tiene baja absorción de agua y volumen de pan bajo, sin embargo la harina de trigo argentino es la que más se importa a Bolivia por su calidad panadera, de acuerdo a los datos observados se puede atribuir al uso de mejoradores, que modifican las proteínas, dando lugar a un gluten más elástico que absorbe mayor cantidad de agua y retiene más dióxido de carbono dando como consecuencia mayor volumen de la pieza.
- Se comprobó la fortificación de las cuatro muestra, por análisis cualitativo, el contenido y densidad de puntos de hierro en las muestras de harina de trigo Argentina y Peruana son comparables a los del nivel de hierro promedio agregado en el laboratorio y la distribución del fortificante es alta y uniforme; sin embargo en las muestras de harina de trigo USA y boliviano la distribución es dispersa y acumulada en algunos puntos de la muestra, lo que demanda verificar el dosificador.
- Se comprobó por análisis cualitativo la ausencia de bromato de potasio, las muestra de harina no contienen bromato.
- Se realizó la determinación óptica de almidones de las muestras de harina en las muestra USA y peruano se confirma la degradación del almidón por el agrupamiento que estas presentan. En la harina de trigo argentino y boliviano se comprueba una degradación menor por la dispersión del almidón.
- Se determinó la calidad de harina de 000 de las cuatro muestras, teniendo porcentajes de extracción de harina para cada proceso de la molienda.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de aditivos como mejoradores en harina de trigo, para verificación del cumplimiento de normas establecidas en Bolivia.
- Realizar la cuantificación de fortificación, para verificar si los productores e importadores de harina de trigo cumplen con las regulaciones de fortificación e implementar actividades de aseguramiento y control de calidad para asegurar que la harina fortificada satisface los requisitos establecidos en los reglamentos y normas.
- Para futuras investigaciones se recomienda evaluar harinas de trigo mediante el análisis proximal, caracterización paleográfica, estudios reológicos como farinografía, para establecer su calidad y posibles aplicaciones de la harina.
- Es necesario el estudio minucioso de cuantificación de bromato de potasio en harina de trigo nacional e importado, y en productos de panadería.

### 5.3 BIBLIOGRAFIA

- (1) Alberto Edel León/ Cristina M. Rosell **“DE TALES HARINAS TALES PANES”**, Granos, Harinas Y Productos De Panificación En Iberoamérica, - 1<sup>ra</sup> Ed. - Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007.
- (2) María Teresa Andrade Varela 2006 **“ Evaluación de la Calidad De Harinas De Trigo comerciales y nativas”** Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias en recursos naturales, Instituto Tecnológico de Sonora, Dirección Académica de Recursos Naturales Buenos Aires- Argentina, 2006.
- (3) Lucas Gambarotta **“Caracterización de las fracciones de harina de pan, análisis de las propiedades químicas y reológicas de las fracciones de harina de trigo”** Tesinas de Belgrano-Universidad de Belgrano departamento de investigación Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Carrera de Licenciatura en Tecnología de Alimentos.
- (4) Hotze Muñoz Oscar Christian **“Eliminación de desperdicios y Mejoramiento de La Productividad en el Área De La Lavada De Trigo - Industrial Molinera C.A.”** Seminario De Graduación Previo a la Obtención al Título de: Ingeniero Industrial, Universidad De Guayaquil Facultad De Ingeniería Industrial, Guayaquil – Ecuador, 2002.
- (5) Ing. Agr. Nora R. Ponzio **“Calidad panadera de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos”** Tesis de Magíster *Scientiae* Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales 2010
- (6) Rafael Villanueva Flores **“El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación”** Universidad de Lima. Lima-Perú. Ingeniería Industrial n.º 32, 2014, ISSN 1025-9929, pp. 231-246.
- (7) Alma Islas Rubio, Finlay MacRitchie, Somayajulu Gandikota y Gary Hou

Relaciones de la **“Composición Proteínica y Mediciones Reológicas en Masa con la Calidad Panadera de harinas de trigo”** 2003.

(8) Paola Díaz Dellavalle; Marco Dalla Rizza; Daniel Vázquez y Marina Castro **“Elementos de Análisis Cualitativo y Cuantitativo en Proteínas del Gluten de Trigo”** - 2005.

(9) Laura B. Milde, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak, Carlos Oliveira, Karina G. González **“Metodología de Superficie de Respuesta para Optimizar Panificado Libre de Gluten con Grasa, Huevo y Leche”** Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales-UNAM.

(10) Eliana Torres, Emperatriz Pacheco de D. **“Evaluación Nutricional, Física y Sensorial de Panes de Trigo, Yuca Y Queso Llanero”** Laboratorio de Bioquímica de Alimentos, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela- 2007 - Maracay apdo 4579.

(11) CASP, A (2003) **“Colección Tecnología de Alimentos - Procesos de conservación de alimentos, Segunda Edición”** Mundi-Prensa. Madrid (España).

(12) Belton P S (1999) **“On the elasticity of wheat gluten”** J. Cer. Sci. 29:103107.

(13) IBNORCA: NB 076 Cereales-Determinación de proteínas totales- Método de Kjeldahl. NB107 Harinas de origen Vegetal-Método de ensayo para determinar el contenido de acidez., NB 106 Determinación de Gluten, NB 075 Cenizas de origen vegetal, NB 680 Norma para Cereales – Harina de Trigo

(14) NTE INEN 521 1980-12 Instituto Ecuatoriano De Normalización (2004) **“Harinas de origen vegetal- Determinación de acidez titulable”** (Ecuador)

(15) CODEX STAN 152-1985 (Rev. 1-1995) Norma del Codex para la harina de trigo.