

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“ELABORACIÓN DE PAN INTEGRAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE
HARINA DE TRIGO BLANCA E INTEGRAL (*Triticum spp.*) CON HARINA
DE CEBADA GERMINADA (*Hordeum Vulgare*) CRUDA Y TOSTADA”.

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Silvia Carolina Córdova Martínez

DIRECTOR:

Ing. Luis Sandoval

Ibarra – Ecuador

2010

CESIÓN DE DERECHOS

La autora: siempre que se cite la fuente, cede con fines académicos y de investigación los derechos de reproducción y duplicación de la investigación desarrollada en éste trabajo a la universidad ecuatoriana y a la sociedad en general.

Para fines distintos al investigativo y académico (producción de textos con fines comerciales, uso del método para procesamiento industrial, etc.); por favor póngase en contacto con la autora y la Universidad Técnica del Norte; copropietarios solidarios de los derechos de la autora.

Silvia Carolina Córdova M.

C.I. 100343724-9

cordova.sc@gmail.com

DEDICATORIA

Esta presente tesis de Ingeniería, va dedicada con mucho cariño y agradecimiento a mis padres que son los héroes escondidos de este logro alcanzado, a mis hermanos por ser el vivo ejemplo a seguir de lucha y dedicación, que sin el sacrificio y la constancia todo esto no sería posible, a mi abuelita por estar siempre a mi lado y ser mi mayor bienvenida en mi casa luego de cada día de lucha.

Finalmente la dedico a mis sobrinos Camila y Mateo, que ven en mí una imagen en la cual pueden cobijar todos sus sueños.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios,
mi familia,
y a mis profesores
por todo el apoyo recibido,
por compartirme sus enseñanzas
y ser muy exigentes conmigo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 Hipótesis	4
CAPÍTULO 2	5
Marco teórico	5
2.1 Cereales	5
2.2 Importancia nutritiva de los cereales	5
2.3 Estructura y composición general del grano	6
2.3.1 Hidratos de carbono	8
2.3.2 Fibra dietética	8
2.3.3 Proteína	9
2.3.4 Lípidos	9
2.3.5 Materias minerales	9
2.3.6 Vitaminas	10
2.4 Producción de cereales a nivel mundial	10
2.4.1 Rendimientos de producción de cereales	12
2.5 Producción de cereales en el Ecuador	12
2.6 Importaciones de cereales al Ecuador	13
2.7 Trigo	14
2.7.1 Taxonomía y descripción botánica del trigo	14
2.7.2. Variedades de trigo cultivado	15
2.7.3 Producción de trigo en el Ecuador	15
2.7.4 Importaciones de trigo	16
2.7.5 Contenido nutricional del trigo	17
2.7.6 Usos del trigo	18

2.8 Cebada	18
2.8.1 Taxonomía y descripción botánica de la cebada	19
2.8.2. Variedades de cebada cultivada	19
2.8.3 Producción mundial y nacional de cebada	19
2.8.4 Importaciones de cebada	20
2.8.5 Contenido nutricional de la cebada	21
2.8.6 Usos de la cebada	22
2.9 Industria molinera y capacidad instalada en el Ecuador	23
2.10 Alimentos integrales	23
2.10.1 Importancia del consumo de alimentos integrales	24
2.10.2 Cereales integrales	24
2.10.3 Harina integral de trigo	25
2.10.4 Pan integral	25
2.11 Cereales germinados y su importancia	26
2.12 Salud nutricional en el Ecuador	27
2.12.1 Obesidad	27
2.12.2 Estreñimiento	27
2.12.3 Diabetes	28
CAPÍTULO 3	30
3.1 Localización	30
3.1.1 Ubicación del trabajo de laboratorio	30
3.1.2 Condiciones meteorológicas	30
3.2 Materiales	31
3.2.1 Materia prima e insumos	31
3.2.2 Equipos	31
3.2.3 Insumos	31
3.3 Métodos	32
3.3.1 Tratamientos en estudio	32
3.3.2 Tratamientos	32

3.3.3	Diseño experimental	33
3.3.4	Características del experimento	33
3.3.5	Características de la unidad experimental	33
3.3.6	Esquema del análisis estadístico	33
3.3.7	Análisis funcional	35
	Variables paramétricas	35
	Variables no paramétricas	37
3.4.1	Proceso de elaboración de harina de cebada germinada (<i>Hordeum vulgare</i>) cruda y tostada.	38
3.4.2	Proceso de elaboración de pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (<i>Triticum spp.</i>) y harina de cebada germinada (<i>Hordeum vulgare</i>) cruda y tostada	39
3.4.3	Descripción del proceso	40
3.4.4	Métodos de análisis	51
3.4.3.1	Determinación de las características reológicas	51
3.4.3.2	Determinación de humedad	52
3.4.3.3	Determinación de fibra total	53
3.4.3.4	Determinación de proteína	53
3.4.3.5	Determinación de grasa	55
3.4.3.6	Determinación de cenizas	56
3.4.3.7	Determinación del volumen de fermentación	57
3.4.3.8	Determinación del peso	58
3.4.3.9	Determinación del volumen específico	58
3.4.3.10	Determinación del peso específico	59
3.4.3.11	Análisis microbiológico	59
3.4.3.12	Determinación de la calidad nutricional	61
3.4.3.13	Prueba Sensorial o Análisis Organoléptico	61

CAPÍTULO 4	63
4.1 Harina de cebada germinada cruda y tostada	63
4.1.1 Caracterización	63
4.1.2 Características reológicas	64
4.2 Masa	65
4.2.1 Humedad en la masa	65
4.2.2 Extracto etéreo en la masa	66
4.2.3 Incremento de volumen de fermentación de la masa	67
4.2.4 Capacidad de absorción de agua de la harina mezcla	68
4.2.5 Volumen específico de la masa	71
4.3 Pan	74
4.3.1 Humedad en el pan	74
4.3.2 Cenizas del pan	75
4.3.3 Extracto etéreo del pan	78
4.3.4 Fibra bruta del pan	79
4.3.5 Proteína del pan	82
4.3.6 Carbohidratos totales del pan	83
4.3.7 Peso final del pan	86
4.3.8 Volumen específico del pan	89
4.3.9 Peso específico del pan	92
4.3.10 Rendimiento del pan	95
4.3.11 Pruebas organolépticas del pan	98
4.3.11.1 Aroma del pan	98
4.3.11.2 Miga del pan	100
4.3.11.3 Corteza del pan	102
4.3.11.4 Sabor del pan	104
4.3.11.5 Aceptabilidad del pan	106
4.4 Mejor tratamiento, T2	108
4.4.1 Cuadro nutricional y análisis microbiológico	108

4.5 Costos de producción por tipo de pan	109
CAPÍTULO 5	115
5.1 Conclusiones	115
5.2 Recomendaciones	121
CAPÍTULO 6	123
6.1 Resumen	123
6.2 Summary	125
CAPÍTULO 7	126
7.1 Bibliografía	126
7.2 Anexos	130
7.2.1 Anexo 1 Trigo, producción, superficie y rendimiento 2000-2007	130
7.2.2 Anexo 2 Normas INEN	132
7.2.3 Anexo 3 Hoja técnica harina de trigo integral, molinos "la moderna"	133
7.2.4 Anexo 4 Análisis reológico harina de cebada germinada cruda y tostada, UTA	134
7.2.5 Anexo 5 Resultados análisis de laboratorio UTN, UCE	135
7.2.6 Anexo 6 Prueba de degustación	136
7.2.7 Anexo 7 Fotografías de la Prueba de degustación	138

ÍNDICE CUADROS, GRÁFICOS Y FOTOS

Cuadro N°1 Algunos nutrientes en 100g de cereales seleccionados	7
Cuadro N°2 Existencias mundiales de cereales (millones de toneladas)	11
Cuadro N°3 Rendimientos Promedio Kg/Ha.	12
Cuadro N°4 Importaciones de Cereales al Ecuador	13
Cuadro N°5 INEC – Estadísticas agropecuarias del Ecuador producto trigo 2008	16
Cuadro N°6 Ecuador: Importaciones de Harina de Trigo 2000 – 2008	16
Cuadro N°7 Contenido nutricional del trigo	17
Cuadro N°8 Evolución mundial del sector de la cebada	20
Cuadro N°9 Importadores de cebada	21
Cuadro N°10 Composición nutricional del grano de cebada	21
Cuadro N°11 Capacidad instalada de la industria molinera 2000	23
Cuadro N°12 Valor nutritivo del pan	26
Cuadro N°13 Mezcla de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda y tostada	45
Cuadro N°14 Mezcla de harina de trigo integral con harina de cebada germinada cruda y tostada	45
Cuadro N°15 Formulación para la elaboración de pan integral	46
Cuadro N°16 Caracterización harina de cebada germinada cruda y tostada	63
Cuadro N°17 Características reológicas de la harina de cebada germinada cruda y tostada	64
Cuadro N°18 Humedad en la masa (%)	65
Cuadro N°19 Adeva de la variable humedad de la masa (%)	65
Cuadro N°20 Extracto etéreo de la masa (%)	66
Cuadro N°21 Adeva de la variable extracto etéreo de la masa (%)	66

Cuadro N°22 Incremento de volumen de fermentación de la masa (ml)	67
Cuadro N°23 Adeva de la variable incremento de volumen de fermentación de la masa (ml)	67
Cuadro N°24 Capacidad de absorción de agua de la harina (100g/ml)	68
Cuadro N°25 Adeva de la variable capacidad de absorción de agua de la harina (100g/ml)	68
Cuadro N°26 Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable capacidad de absorción de agua de la harina (100g/ml)	69
Cuadro N°27 Volumen específico de la masa (ml)	71
Cuadro N°28 Adeva de la variable volumen específico de la masa (ml)	71
Cuadro N°29 Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable volumen específico de la masa (ml)	72
Cuadro N°30 Humedad en el pan (%)	74
Cuadro N°31 Adeva de la variable humedad en el pan	74
Cuadro N°32 Cenizas del pan (%)	75
Cuadro N°33 Adeva de la variable cenizas del pan (%)	75
Cuadro N°34 Prueba de Tuckey para la variable cenizas del pan (%)	76
Cuadro N°35 Extracto etéreo del pan (%)	78
Cuadro N°36 Adeva de la variable extracto etéreo del pan (%)	78
Cuadro N°37 Fibra bruta del pan (%)	79
Cuadro N°38 Adeva de la variable fibra bruta del pan (%)	79
Cuadro N°39 Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable fibra bruta del pan (%)	80
Cuadro N°40 Proteína en el pan (%)	82
Cuadro N°41 Adeva de la variable proteína en el pan (%)	82
Cuadro N°42 Carbohidratos totales del pan (%)	83
Cuadro N°43 Adeva de la variable carbohidratos totales del pan (%)	83
Cuadro N°44 Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable carbohidratos totales del pan (%)	84

Cuadro N°45 Peso final del pan (g)	86
Cuadro N°46 Adeva de la variable peso final del pan (g)	86
Cuadro N°47 Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso final del pan (g)	87
Cuadro N°48 Volumen específico del pan (ml)	89
Cuadro N°49 Adeva de la variable volumen específico del pan (ml)	89
Cuadro N°50 Prueba de tukey de la variable volumen específico del pan (ml)	90
Cuadro N°51 Peso específico en el pan (g/ml)	92
Cuadro N°52 Adeva de la variable peso específico en el pan (g/ml)	92
Cuadro N°53 Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso específico en el pan (g/ml)	93
Cuadro N°54 Rendimiento en el pan (unidades)	95
Cuadro N°55 Adeva de la variable rendimiento en el pan (unidades)	95
Cuadro N°56 Prueba de tukey de la variable rendimiento en el pan (unidades)	96
Cuadro N°57 Variable aroma del pan	98
Cuadro N°58 Prueba estadística de Friedman para la variable aroma del pan	99
Cuadro N°59 Variable miga del pan	100
Cuadro N°60 Prueba estadística de Friedman para la variable miga del pan	100
Cuadro N°61 Variable corteza del pan	102
Cuadro N°62 Prueba estadística de Friedman para la variable corteza de pan	102
Cuadro N°63 Variable sabor del pan	104
Cuadro N°64 Prueba estadística de Friedman para la variable sabor del pan	104
Cuadro N°65 Variable aceptabilidad del pan	106

Cuadro N°66 Prueba estadística de Friedman para la variable aceptabilidad del pan	106
Cuadro N°67 Cuadro nutricional del mejor tratamiento y Análisis microbiológico del mejor tratamiento	108
Cuadro N°68 Costos de producción fórmula N°1	109
Cuadro N°69 Costos de producción fórmula N°2	110
Cuadro N°70 Costos de producción fórmula N°3	111
Cuadro N°71 Costos de producción fórmula N°4	112
Cuadro N°72 Costos de producción fórmula N°5	113
Cuadro N°73 Costos de producción fórmula N°6	114

Gráficos

Gráfico N°1 Corte transversal de un grano de cereal	7
Gráfico N°2 A – D – glucosa α – D – manosa α – D – galactosa	8
Gráfico N°3 Evolución de la producción y del consumo mundial de cereales	10
Gráfico N°4 Sección de un grano de trigo	14
Gráfico N°5 Capacidad de absorción de agua de la masa	70
Gráfica N°6 Volumen específico de la masa (ml)	73
Gráfico N°7 Variable de cenizas en el pan (%)	77
Gráfica N°8 Fibra bruta en el pan (%)	81
Gráfico N°9 Carbohidratos totales en el pan (%)	85
Gráfica N°10 Peso final del pan (g)	88
Gráfico N°11 Volumen específico del pan (ml)	91
Gráfico N°12 Peso específico del pan (g/ml)	94
Gráfico N°13 Rendimiento en pan (unidades)	97
Gráfica N°14 Variable aroma del pan	99
Gráfica N°15 Variable miga de pan	101
Gráfica N°16 Variable corteza de pan	103
Gráfico N°17 Variable sabor del pan	105

Gráfico N°18 Variable aceptabilidad del pan	107
Fotos	
Foto N°1 Recepción y Desinfección de la Cebada	40
Foto N°2 Proceso de germinación de la Cebada	40
Foto N°3 Proceso de germinación de la Cebada	41
Foto N°4 Cebada germinada	41
Foto N°5 Pre-secado de la cebada germinada	42
Foto N°6 Secado convencional de la cebada germinada	42
Foto N°7 Proceso de molturación de la cebada germinada	43
Foto N°8 Harina de cebada germinada cruda	43
Foto N°9 Harina de Cebada germinada tostada	44
Foto N°10 Preparación de las mezclas, pesado	44
Foto N°11 Activación de la levadura y mezcla de los ingredientes secos con la grasa y los huevos.	47
Foto N°12 Pre-mezcla de todos los ingredientes	47
Foto N°13 Amasado	48
Foto N°14 Fermentación inicial de la masa	48
Foto N°15 Pesado y moldeado de las masas	49
Foto N°16 Boleo de las masas	49
Foto N°17 Segunda fermentación de la masa	50
Foto N°18 Horneado del pan	50
Foto N°19 Pan integral	51
Foto N°20 Estufa – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	52

Foto N°21 Fibertest – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	53
Foto N°22 Digestor Kjendahl – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	54
Foto N°23 Soxhlet – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	55
Foto N°24 Mufla – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	56
Foto N°25 Balanza gramera – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	58
Foto N°26 Determinación del volumen específico – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	59
Foto N°27 Placas petrifilm, det. microbiológica – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	60
Foto N°28 Equipo de absorción atómica – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA	61

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la economía del Ecuador ha sido afectada por la crisis mundial en la que el gobierno ha tomado diversas medidas para sobrellevarla de la mejor manera como la disminución de las importaciones e incentivos de producción agrícola y productiva para mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos.

El Ecuador importó en el 2008 según el SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA del MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR (SICA) cerca de 441.559TM de trigo y 26.690TM de Harina de trigo, el cual representa una de las mayores divisas del país ya que la producción del mismo no satisface la demanda nacional.

En la provincia del Carchi, en el cantón Bolívar, posee una producción altamente agrícola, pero por las crisis y la falta de planificación de los cultivos ha llevado a que estos cultivos tradicionales se vayan perdiendo y las plazas de trabajo cada vez disminuyan provocando la migración de la gente del campo a la ciudad.

Uno de los cultivos tradicionales que se están perdiendo en el cantón Bolívar son la cebada y el trigo, siendo estos cereales primordiales en la dieta diaria del hombre en el campo y ciudadano.

Usualmente el consumo de estos cereales se lo hace por separado, aunque según recientes estudios se investigó la sustitución del trigo por otros cereales y tubérculos; pero son muy pocos los estudios realizados con la sustitución parcial

con cebada siendo ésta uno de los cereales principales de la dieta de los pueblos andinos. El cual no ha sido industrializado lo que fomentaría su consumo en la sociedad en general.

A nivel mundial los usos industriales de la cebada han sido principalmente como materia prima en industria cervecera y como forraje para animales. En el Ecuador se consume en forma de arroz de cebada para la elaboración de sopas y como cebada tostada para la elaboración de máchica, pinol y coladas.

Los productos que se encuentran en el mercado derivados de la cebada son elaborados en forma artesanal, es por esta razón que no ha tenido mayor expansión e influencia en el consumo y mercado nacional; por lo que es necesario plantear la propuesta del uso de la cebada en la industria panadera empleando como complemento a la harina de trigo, cuyos resultados será el aumento potencial de la calidad nutricional de los productos panaderos utilizando mano de obra de la región. Se podría disminuir las divisas de importaciones de la harina de trigo por parte del Gobierno Nacional promoviendo el aumento de la producción de harina de cebada, creando más plazas de trabajo e incentivando a la industria nacional.

Se puede tomar como alternativa en las formulaciones panaderas aumentando las variedades de pan con otras materias primas y su contenido nutricional. La alternativa planteada usando harina de cebada germinada para la elaboración de pan integral es para potencializar el valor nutricional, poseerá un alto contenido de fibra dietética y proteica.

En la misma línea la Asociación de Productores y Comercializadores de Productos Orgánicos del Norte (APRONOR) y el Gobierno Municipal del cantón Bolívar de la provincia del Carchi apoyan el presente proyecto para promover una nueva alternativa de producción de pan integral con la utilización de Cebada.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Elaborar pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) con harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.

1.3.2 Específicos

- Determinar las características de la harina cebada germinada cruda, tostada y pan integral elaborado con la mezcla de harina de trigo (blanca e integral) y harina de cebada germinada (cruda y tostada) mediante análisis físico-químicos: humedad, fibra, ceniza, proteína, grasa, carbohidratos totales, peso, volumen, peso específico; reológicas; organolépticos: color, aroma, sabor, miga y corteza.
- Análisis microbiológico del mejor tratamiento.
- Evaluar la calidad nutricional (K y Fe) del producto final del mejor tratamiento.
- Determinar el rendimiento en la elaboración del pan integral de trigo y cebada germinada.
- Determinar los costos de producción del pan integral de trigo y cebada germinada a nivel experimental en el laboratorio.

1.4 HIPÓTESIS

Hi: El tipo y porcentaje de harina cruda de cebada germinada y harina tostada de cebada germinada influirá en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.

Ho: El tipo y porcentaje de harina cruda de cebada germinada y harina tostada de cebada germinada no influirá en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CEREALES

La palabra cereal proviene del vocablo latín que significa *Cere*: nombre de la diosa de la agricultura, plantas cuyos granos o semillas forma parte de la alimentación tanto del ser humano como de los animales.

Según POTTER, N., spp (1995), los cereales son plantas que producen granos comestibles, como trigo, centeno, arroz o maíz (...). Se consumen directamente o modificados de distintas formas (harina, almidón, aceite, salvado, jarabes de azúcar, y gran número de ingredientes utilizados en la fabricación de otros alimentos) constituyendo la parte mayoritaria de la dieta; con ellos se alimenta el ganado y por consiguiente, se transforman en carne, leche y huevos.

2.2 IMPORTANCIA NUTRITIVA DE LOS CEREALES

Según SANSANO, A. (2008), los cereales son un tipo de alimento muy importante en la nutrición humana desde la antigüedad. Su importancia radica en su excelente composición nutricional. Aportan gran cantidad de hidratos de carbono en forma de almidón, que por los procesos de transformación específicos se transforma en glucosa, que es la fuente de energía de todas las células del organismo.

Los cereales integrales son fuentes valiosas de proteínas, carbohidratos, vitaminas del grupo B y también de grasa, hierro, vitamina E aunque en menor cantidad y trazas de minerales. Además como están provistos de su pericarpio aportan una buena cantidad de fibra a la dieta.

<http://ticat.org/treballs/twt/sansano-cereales-a.pdf>

01.07.2009

2.3 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN GENERAL DEL GRANO

Los cereales contienen principalmente almidón, elemento que es de mucha importancia en la alimentación del ser humano. El germen contiene lípidos cantidad que varía dependiendo del cereal. La semilla está envuelta por una cáscara formada por celulosa, componente fundamental de la fibra dietética. Algunos cereales contienen una proteína conocida como gluten, elemento fundamental a tomarse en cuenta en la industria panadera. Las proteínas de los cereales son escasas en aminoácidos esenciales como la lisina.

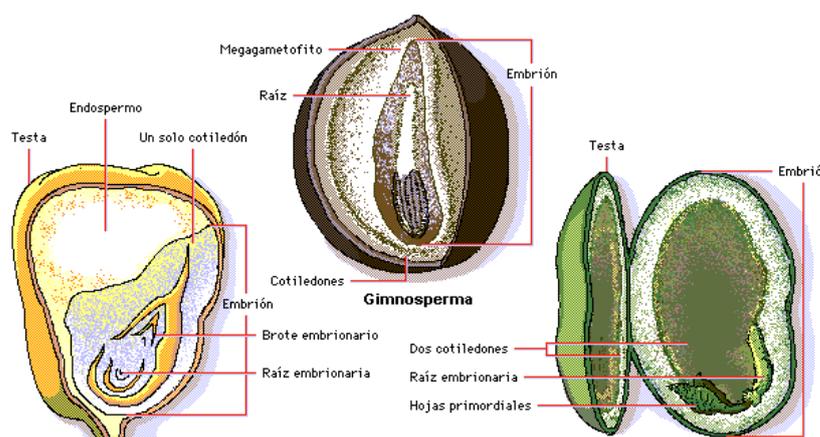
El procesamiento de los cereales afecta a la composición química y al valor nutricional de los productos preparados con cereales. Los nutrientes están distribuidos de modo heterogéneo en los distintos componentes del grano (germen, endospermo, revestimiento de la semilla y distintas capas que lo recubren).

Según FAO (2006), la estructura de las semillas es la siguiente:

- Cascara de celulosa, la cual no tiene valor nutritivo para los seres humanos;
- Pericarpio y Testa, dos capas bastante fibrosas que contienen pocos nutrientes;
- Capa de aleurona rica en proteínas, vitaminas y minerales;
- Embrión o germen rico en nutrientes, consiste de la plúmula y la radícula unidas al grano por el cotiledón;

- Endospermo que comprende más de la mitad del grano y consiste principalmente en almidón.

Gráfico N°1
Corte transversal de un grano de cereal



Fuente: LATHAN, M., FAO (2006), Nutrición Humana en el mundo en desarrollo, cap. 26.

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#bm30x>

28.07.2009

Cuadro N°1

Algunos nutrientes contenidos en 100 g de cereales seleccionados

Alimento	Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
Harina de maíz entera	353	9,3	3,8	10	2,5	0,30	0,10	1,8
Harina de maíz refinada	368	9,4	1,0	3	1,3	0,26	0,08	0,10
Arroz pulido	361	6,5	1,0	4	0,5	0,08	0,02	1,5
Arroz precocido	364	6,7	1,0	7	1,2	0,20	0,08	2,6
Trigo entero	323	12,6	1,8	36	4,0	0,30	0,07	5,0
Harina de trigo blanca	341	9,4	1,3	15	1,5	0,10	0,03	0,7
Mijo, var. junco	341	10,4	4,0	22	3,0	0,30	0,22	1,7
Sorgo	345	10,7	3,2	26	4,5	0,34	0,15	3,3

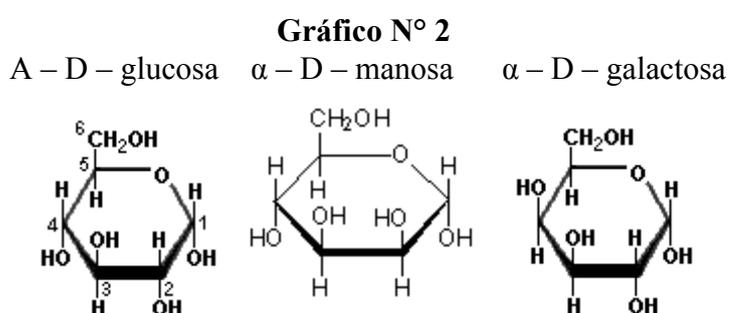
Fuente: LATHAN, M., FAO (2006), Nutrición Humana en el mundo en desarrollo, cap. 26.

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#bm30x>

28.07.2009

2.3.1 Hidratos de carbono

Según POTTER, N. & HOTCHKISS, J. (1995), son compuestos orgánicos con la estructura básica $C_x(H_2O)_y$. entre los tipos más importantes de los alimentos, se encuentra azúcares, dextrinas, almidones, celulosas, hemicelulosas, pectinas y algunas gomas (...). Los azúcares sencillos se denominan azúcares. Uno de los carbohidratos más sencillos es la glucosa, azúcar formado por seis átomos de carbono. La glucosa y otros azúcares sencillos presentan estructuras en anillo de la siguiente forma:



Fuente: POTTER, N. & HOTCHKISS, J. (1995)

2.3.2 Fibra dietética

Según CALLEJO, M. (2002), la fracción fibra dietética es una mezcla heterogénea de sustancias de propiedades físicas y químicas muy diferentes, que varían según el tipo de alimento. La definición fibra dietética ha sufrido diversas modificaciones en los últimos años, siendo la más aceptada: “Fibra dietética consiste en los residuos de algunas células de plantas comestibles, polisacáridos, lignina y otras sustancias asociadas, que resisten a la digestión (hidrólisis) por las enzimas de los humanos”. Esta definición identifica a algunos macro constituyentes de los alimentos tales como celulosa, hemicelulosa, lignina, gomas, celulosas modificadas, mucílagos, oligosacáridos y pectinas y otras sustancias menores asociadas, tales como cutina y suberina.

2.3.3 Proteínas

Según CALLEJO, M. (2002), representan alrededor del 13% del grano entero de trigo. Porcentajes más bajos se encuentran en arroz, cebada y maíz. Porcentajes más altos en avena y triticale. La distribución de las proteínas no es uniforme dentro del grano.

RICO, MA., (2000), la parte interna o núcleo amiláceo, está compuesto por almidón y en el caso del trigo, avena y centeno por un complejo proteico denominado gluten que está formado por dos proteínas: gliadina y gluteína, que le dan elasticidad y características panificables a la masa de pan y son responsables de la esponjosidad y textura del buen pan”.

http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/cereales.htm

01.07.2009

2.3.4 Lípidos

Según CALLEJO, M. (2002), los lípidos, materias grasas, son poco representativos en los granos de cereales. Salvo en la avena y maíz, en que suponen el 5% en peso de su materia húmeda, en el resto de los cereales no representan más de un 2%. Los lípidos de los cereales son ricos en ácidos grasos insaturados, (...).

2.3.5 Materias minerales

Según CALLEJO, M., (2002), representan entre el 2 al 3% de la materia húmeda del grano. De entre todos los minerales, destaca la presencia de potasio y de fósforo que constituyen el 50% de las materias minerales. La mayor parte del fósforo de los cereales se encuentra en forma de fitatos (hexofosfato de inositol), cuyas sales de Ca y Mg constituyen la fitina. El fósforo de los fitatos de Ca y Mg es mal asimilado por nuestro organismo y el ácido fítico se combina con numerosos iones disminuyendo la asimilación de los mismos.

2.3.6 Vitaminas

Según GARCÍA, L. y OLMO, V. (2008), los cereales contienen sobre todo tres vitaminas: vitamina B1, vitamina B2 (riboflavina) y niacina. Otras vitaminas presentes son la vitamina B6 (piridoxina), el ácido pantoténico y la vitamina E. Las vitaminas son muy sensibles al calor, por lo que los tratamientos tecnológicos a los que se someten los cereales y sus derivados pueden producir variaciones en cuanto al contenido vitamínico de partida.

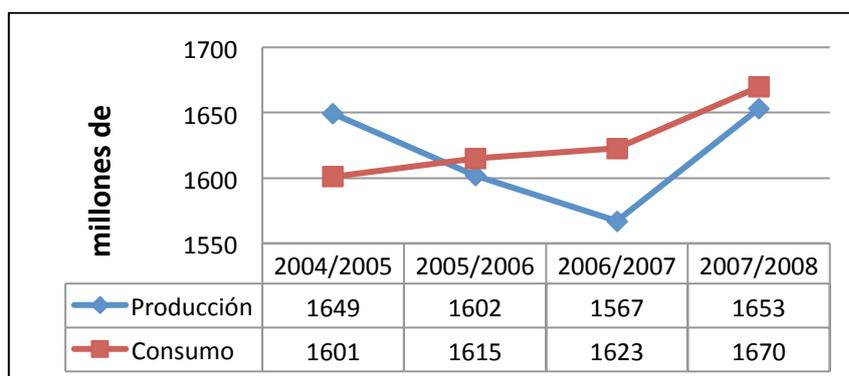
<http://s2ice.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/cereal-3.html>
03.07.2009

2.4 PRODUCCIÓN DE CEREALES A NIVEL MUNDIAL

A lo largo de la historia el consumo de cereales ha primado en la dieta diaria tanto de las personas como animales de cría. Los cereales de mayor consumo son: trigo, cebada, centeno, avena, maíz, arroz y mijo; entre éstos el trigo es el de mayor consumo, seguido por arroz, que no llega a ocupar la tercera parte de terreno que el trigo, rinde el mismo tonelaje de grano que éste, los restantes cereales: cebada, centeno, avena, mijo, ocupan entre todas el tercio restante de la producción mundial, hallándose en primer lugar la cebada.

Gráfico N°3

Evolución de la producción y del consumo mundial de cereales



Fuente: COELLO, P. - Mercado mundial de cereales, (2007)

http://www.mapa.es/ministerio/pags/observatorio/pdf/precio_cereales/mundial_cereales_07.pdf
(30.10.2010)

Cuadro N°2
Existencias mundiales de cereales (*millones de toneladas*)

	2008	2009 estimaciones	2010 pronóstico
Total de Cereales	426,7	505,2	509,1
Trigo	143,3	172,3	182,8
Cereales secundarios	172,6	208,7	205
Arroz	110,8	124,1	121,2
Países desarrollados	120,6	164,4	169,9
Australia	5,3	5,9	6,7
Canadá	8,5	13	10,6
Estados Unidos	54,3	65,9	72,2
Japón	4	3,9	3,8
Rusia	5,5	13,2	11,3
Sudáfrica	1,8	2,4	3,4
Ucrania	4,4	5,6	7,5
Unión Europea	25,8	41,9	39,9
Países en desarrollo	306,1	340,7	339,2
China	167,6	188,4	198,7
Corea	2,7	2,4	2,5
Filipinas	3,4	4,5	4,1
India	35,5	41,7	30,3
Indonesia	6,7	8,9	11
Irán	2,9	3,8	3,4
Pakistán	3,1	2,9	2,7
Rep. Árabe Siria	2,2	2	1,8
Turquía	5,1	3,8	4,8
África	24,6	27,2	27,6
Argelia	4,5	4	5,5
Egipto	3,9	6,3	5,7
Etiopía	1,1	1,3	0,5
Marruecos	2,2	2	3,2
Nigeria	1	1,3	0,5
Túnez	2	1,6	1,5
América Central	5	4,8	4,3
México	3,1	3,1	2,6
América del Sur	12,8	15	14,2
Argentina	5,9	2,2	2,8
Brasil	2,2	8,5	6,8

Fuente: FAO- Perspectivas de cosechas y situación alimentaria, (2009)
<http://www.fao.org/docrep/012/ak340s/ak340s07.htm>

03.10.2010

Los datos se basan en un agregado de los niveles de remanentes al final de los años agrícolas nacionales y no deben interpretarse en el sentido de que representan los niveles mundiales de existencias en un momento determinado. Los principales países exportadores de trigo y cereales secundarios son la Argentina, Australia, Canadá, Unión Europea y los Estados Unidos de América. Los principales países exportadores de arroz son la India, Pakistán, Tailandia, los Estados Unidos y Vietnam. Hasta el 2007 cuenta con 25 países miembros, desde el 2008 son 27 países miembros.

2.4.1 Rendimientos de producción

Cuadro N° 3 Rendimientos de producción

Rendimientos Promedio kg / Ha				
Productos por / país 2001	Ecuador	Colombia	Perú	América Latina y el Caribe
Arroz en cáscara	3622	4909	6726	3828
Avena	691	n.d.	132	1486
Cebada	686	2032	1144	2142
Maíz	1398	2183	2707	3150
Quínoa	500	n.d.	984	790
Trigo	734	2303	1291	2560

* n.d. No hay dato

Fuente: FAO, VALLEJO, S. – Perfil del sector agropecuario ecuatoriano, (2002).

2.5 PRODUCCIÓN DE CEREALES EN EL ECUADOR

Según *SERVICIO DE INFORMACIÓN Y CENSO AGROPECUARIO* (SICA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería, (2006), El Ecuador, es un país de diversos climas, se dedica en las regiones altas (encima de los 2000 m.s.n.m.) a la producción de flores y cultivos de frutales de clima templado, además de la producción de cereales de invierno y maíz nativo.

Según BANCO CENTRAL (2001), en el año 2000 es claro el aumento del margen de producción de cereales, debido al incremento de precios al consumidor final; mientras se mantuvo estable el precio de las materias primas porque en el año 2001 la situación tiende a normalizarse con aumentos parecidos de los productos finales y las materias primas.

Los subgrupos de cereales, banano, café y cacao acusan una evolución algo paralela con márgenes que crecen significativamente durante los dos últimos años superando en largo los niveles de los márgenes registrados en los años previos a la crisis del año 1999.

En estos resultados incide la variación de precios de algunos productos como la papa que subió en 292% o en el grupo de “cultivo de cereales”, donde el precio final del arroz se incrementó en 256%; así mismo en la caída influyente las excelentes cosechas registradas en el año 2001. Es importante anotar que aún en el año 2001, los márgenes entre los precios se mantienen altos.

2.6 IMPORTACIONES DE CEREALES AL ECUADOR

Cuadro N° 4
Importaciones de cereales al Ecuador

ECUADOR							
IMPORTACIONES DE CEREALES AGROPECUARIOS E INDUSTRIALES							
PRODUCTO	ENERO-ABRIL/2006				ENERO-ABRIL/2005		
	Ord.	Volumen	VALOR CIF	Part.	Volumen	VALOR CIF	Part.
	2/	(TM.)	Miles USD.	3/	(TM.)	Miles USD.	3/
Total agropecuario e industrial 1/		987,941.96	424,284.18		820,151.00	383,723.07	
Otros productos del sector		133,429.00	178,782.65	42.14	135,097.33	177,797.50	46.33
Principales productos		854,512.96	245,501.53	57.86	685,053.67	205,925.57	53.67
Trigo	1	223,862.80	45,384.53	10.70	179,918.48	35,046.94	9.13
Maíz amarillo	3	217,275.43	27,130.48	6.39	206,912.51	27,759.68	7.23
Cebada	16	15,900.01	3,048.49	0.72	6,300.00	1,270.52	0.33
Avena	18	12,652.83	2,580.06	0.61	2,795.33	928.57	0.24
Harina de trigo	26	10,484.16	1,379.11	0.33	6,730.93	827.61	0.22

1/ Los productos del Sector Agropecuario e Industrial, son los adoptados por la Organización Mundial de Comercio – O. M. C.

2/ Orden de importancia de acuerdo al valor CIF.

3/ Participación con respecto al Total Agropecuario e Industrial

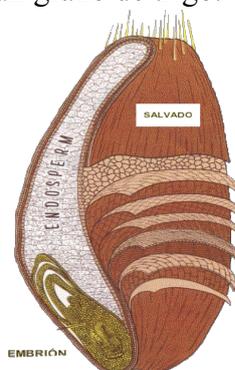
(*) Datos provisionales acumulados, comparativos de enero – abril de 2006 y enero- abril de 2005
Actualizado al 15/IX/2006

Fuente: Banco Central del Ecuador, Sistema de Información Agropecuaria SICA-MAG, (2006)

2.7 TRIGO

Según ENCICLOPEDIA SISTEMÁTICA AGROPECUARIA (2001), Plantas, Cultivos, Cosechas, el trigo es el cereal más importante en el mundo entero, seguido inmediatamente por el arroz. El que se cultive en todos los continentes y su gran importancia, derivan del hecho de que sus proteínas coloidales son separables del resto por procesos de lavado. El grano de trigo existen también filamentos de proteínas que forman una especie de red, las mismas juegan un papel decisivo en la panificabilidad del trigo.

Gráfico N° 4
Sección de un grano de trigo.



Fuente: POTTER, N., HOTCHKISS, J., Ciencia de los alimentos, (1995).

2.7.1 Taxonomía y descripción botánica del trigo

Según TECNOLOGÍAS ORGÁNICAS DE LA GRANJA INTEGRAL, (2002), es una planta herbácea, cuya espiga de trigo está formada por espiguillas dispuestas alternadamente en el eje central llamado raquis. Contiene de dos a cinco flores que luego dan origen al grano. El fruto alcanza su tamaño normal luego de 40 días; cuyo grano está constituido por el pericarpio, germen, endospermo de color blanco, con alto contenido de almidón utilizado para extraer harina para pan o córneo especial para fabricar pasta.

Según MANUAL AGROPECUARIO (2002), la clasificación taxonómica del Trigo es la siguiente:

Nombre Científico: *Triticum vulgare* L.

Familia: Graminaceae

Nombre Común: Trigo

2.7.2. Variedades de trigo cultivado

Según CALLEJO, M. (2002), la mayoría de las variedades cultivadas pertenecen a las especies:

Triticum durum.- trigo duro, cristalino de color ámbar y rojo, utilizado para la fabricación de pastas alimenticias.

Triticum aestivum.- trigo “harina-panadero” destinado, prácticamente en su totalidad, al consumo humano. Ha sido y sigue siendo objeto de innumerables investigaciones en el mundo entero para mejorar tanto sus rendimientos, en zonas áridas o fértiles, como su calidad panadera.

2.7.3 Producción de trigo en el Ecuador

En el Ecuador la investigación de trigo inició en 1956, con el programa de la Comisión Nacional del Trigo; en 1963 el programa fue transferido al INIAP, con sede en la Estación “Santa Catalina”. El estudio fundamental era de poder adquirir conocimiento en la alternabilidad para la producción triguera, alcanzando una mayor eficiencia en el cultivo.

Los cultivos de variedades criollas son Bola, Valdivieso, 150, Africano, Mabitoba, Vara, Picota, Barba negra, Egipcio, Camino; y se localizan en las provincias: Bolívar, Chimborazo y Loja. Las variedades mejoradas poseen óptimas características de adaptabilidad, resistencia a las plagas y enfermedades, resistencia al vuelco, alto rendimiento; son las siguientes: Bonza, Crespo, Napo, Atacazo, Sonora.

Cuadro N° 5
 INEC – Estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC 2008
 Características: superficie sembrada
 Producto: trigo, grano seco.

1.Ambito	2.Condición	3.Sembrada	4.Cosechada	5.Producción	6.Ventas
Sierra	Certificada	845	845	6.913,00	1.829,00
Costa	Certificada	109.501,00	103.894,00	477.448,00	433.286,00
Oriental	Certificada	16	16	29	
Total Nacional	Certificada	110.361,00	104.755,00	484.390,00	435.115,00
Sierra	Común	626	574	820	221
Costa	Común	178.544,00	164.430,00	599.099,00	492.828,00
Oriental	Común	2.189,00	2.189,00	16.942,00	15.533,00
Total Nacional	Común	181.359,00	167.193,00	616.862,00	508.582,00
Costa	Híbrida Internacional	2.830,00	2.806,00	13.010,00	12.543,00
Total Nacional	Híbrida Internacional	2.830,00	2.806,00	13.010,00	12.543,00
Costa	Híbrida Nacional	3.015,00	2.868,00	11.956,00	11.253,00
Total Nacional	Híbrida Nacional	3.015,00	2.868,00	11.956,00	11.253,00
Oriental	Mejorada	167	167	344	197
Sierra	Mejorada	2.645,00	2.645,00	15.672,00	15.093,00
Costa	Mejorada	82.502,00	74.407,00	299.818,00	275.500,00
Total Nacional	Mejorada	85.314,00	77.220,00	315.834,00	290.790,00

Datos de Superficie en Hectáreas (Has.) y Datos de Producción y Ventas en Toneladas Métricas (TM)

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador 2008.

2.7.4 Importaciones de trigo

Cuadro N° 6
 Ecuador: Importaciones de harina de trigo 2000 – 2008

Año	Volumen TM	Valor FOB 000 Usd	Valor CIF 000 Usd
2000	296	65	93
2001	173	39	54
2002	851	178	229
2003	282	74	91
2004	198	66	81
2005	130	43	54
2006	175	65	81
2007	155	72	85
2008*	26.690	11.690	14.240
Fuente: BCE; Elab. SDEA-MAGAP * a octubre			

Fuente: Banco Central del Ecuador, elaborado por SICA – MAG, (2008)

2.7.5 Contenido nutricional del trigo

Según GARZA, G. (2007), El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: Albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), lípidos (ac. Grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos.

Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano.

Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona.

Composición promedio de un grano de trigo perteneciente a la especie *Triticum aestivum* L.

Cuadro N° 7 Contenido nutricional del trigo

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12,0 – 14,0
Carbohidratos	65,0 – 70,0
Proteína	13,0 – 15,0
Grasa	1,5 – 2,5
Fibra	2,0 – 2,5
Ceniza	1,5 – 2,0

Fuente: CALLEJO, M. (2002), Industrias de Cereales y Derivados.

2.7.6 Usos del trigo

Según MANUAL AGROPECUARIO (2002), el trigo tiene una gran cantidad de usos. El más frecuente es la producción de harinas para elaborar pan, pastas, galletas y fabricar bebidas.

Del grano puede obtenerse el almidón, y el gluten separado se lo utiliza como adhesivo emulsionante, para vitaminas sintéticas.

La industria prefiere un contenido más alto de almidón para la maltería, fase de la producción de cerveza. En cambio para la cebada a utilizar como pienso o como semilla es preferible un mayor porcentaje de proteínas.

El salvado excedente de la molienda y paja fresca sirve como alimento para el ganado, la paja seca es utilizada como relleno y fibra para la industria del tejido.

2.8 CEBADA

Según MATELJAN, G. (2010), la cebada es un grano de cereal maravillosamente versátil con un sabor parecido a la nuez. Su aspecto se asemeja a bayas de trigo, aunque sea levemente más ligero en color. La cebada brotada es naturalmente alta en la maltosa, un azúcar que sirva como la base para ambos el dulcificante del jarabe de la malta. Cuando está fermentada, la cebada se utiliza como ingrediente en cerveza y otras bebidas alcohólicas (...).

La cebada es la materia prima de mayor importancia en la industria cervecera, siendo la parte más importante de éste cereal la porción entre proteína : almidón.

La cebada es una fuente muy buena de fibra y de selenio. También sirve como buena fuente de los minerales fósforo, cobre y manganeso.

<http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=127>
02.11.2010

2.8.1 Taxonomía y descripción botánica de la cebada

Según MANUAL AGROPECUARIO (2002), planta herbácea y de crecimiento anual. Algunas variedades tienen un ciclo corto de 80 a 100 días; en las más tardías un ciclo dura hasta 170 días (...).

El fruto es una cariósida, con plumas adheridas; con excepción de las variedades desnudas; está constituido por el pericarpio, el endospermo y el embrión.

Nombre científico: *Hordeum vulgare* L.

Familia: Graminaceae

Nombre Común: Cebada

2.8.2. Variedades de cebada cultivada

Según FEDERACION NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS (2009), la cebada, monocotiledónea anual perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas), está representada por dos importantes especies cultivadas:

Hordeum distichon L., que se emplea para la obtención de cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., que se utiliza básicamente como forraje para la alimentación animal; ambas especies pueden agruparse bajo el nombre único de *Hordeum vulgare* L.

http://fenalce.net/pagina.php?p_a=50
03.07.2009

2.8.3 Producción mundial y nacional de cebada

Según GARCÍA, M. (2008), en el cuadro siguiente, se observa una tendencia equilibrada en todos los factores del sector, con una tendencia creciente a partir del 2008 al 2009 donde se podría estimar una evolución creciente en el consumo y en la producción, y con unos índices más estables en el comercio y en stocks.

Cuadro N° 8
Evolución mundial del sector de la cebada

Cuadro 1. evolución mundial del sector de la cebada (millones de t)					
	00/01-04/05 (media)	2005/06	2006/07	2007/08 (estimaciones)	2008/09 (previsiones)
Producción	142	139	139	136	149
Consumo	140	141	147	141	143
Comercio	17	18	16	15	16
Stocks	28	33	25	20	26

Fuente: CIC (marzo 2008)

Fuente: GARCÍA, M. (2008), “El mercado de la cebada en el mundo”

<http://www.agrodigital.com/images/cebada.pdf>

03.07.2009

Según INIAP, PROGRAMA DE CEREALES (2003), en el Ecuador, en la región Interandina, la cebada es cultivada por los campesinos más pobres del país y en áreas marginales de producción, ubicadas sobre los 3300 msnm. Este cereal se ha constituido en el alimento básico de las poblaciones rurales y, después del maíz, es el de más amplia distribución, con un consumo que alcanza el 46% de la producción nacional.

La explotación cebadera se realiza básicamente bajo el sistema del minifundio, por lo que es una actividad en la que participan pequeños productores.

En el Ecuador se cultiva la Variedad de cebada de dos hileras, grano grande y ovalado, contenido de proteína de 13,99%, desarrollada por el Programa de Cebada y Trigo del INIAP para la Sierra sur.

2.8.4 Importaciones de cebada

Según RIZZO, P. (1997), El Ecuador importó en 1.997 la cantidad de 629.601 TM de granos, de los cuales al trigo le correspondió el 78.18%, soya 8.78%, maíz 4.91%, cebada 2.67%, maíz amarillo 2.94% y avena 2.60%.

Cuadro N° 9
Importadores de cebada

Proveedores de cereales	% Participación
Louis Dreyfus	18,03
Continental Grain Co.	15,17
Seabord Trading	13,80
Australian Wheat Board	14,14
Aceitera General Deheza	5,24
Peavey	3,50
Archer Daniels Midland	3,8
Materias de Colombia	2,50
Cargill	2,68
Otras compañías (11)	21,14

Fuente: SICA, RIZZO, P. (1997), Importación de Cereales
http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/trigo/trigo_pais.htm

03.07.2009

2.8.5 Contenido nutricional de la cebada

La Composición promedio del grano de cebada perteneciente a la especie *Hordeum distichon* L.

Cuadro N° 10 Composición nutricional del grano de cebada

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12,0 – 13,0
Carbohidratos	65,0 – 72,0
Proteína	10,0 – 11,0
Grasa	1,5 – 2,5
Fibra	2,5 – 4,5
Ceniza	2,0 – 3,0

http://fenalce.net/pagina.php?p_a=50 (1999)
03.07.2009

2.8.6 Usos de la cebada

Según INDUSTRIAL DE ALIMENTOS (2009), con el grano de la cebada se prepara un producto conocidos por todos: la malta; una vez preparada tiene varios usos: como sucedáneo del café, en aquellos casos en que no conviene tomar cafeína; como alimento o como medicamento en personas que padecen problemas digestivos varios, y como base para la elaboración de la cerveza. De la molienda de los granos se puede obtener una harina utilizable, mezclada a la de trigo, en la panificación. Los copos de cebada (cebada perla) pueden ser usados para enriquecer sopas, la leche y también el yogurt. Con la cebada tostada se obtiene un óptimo sustituto de bebidas aptas también para los niños.

<http://www.protoleg.com.mx/cebada.hTM>
02.09.2009

2.9 INDUSTRIA MOLINERA Y CAPACIDAD INSTALADA EN EL ECUADOR

Según el INIAP, Tercer Censo Nacional Agropecuario (2000), en el Ecuador se cultiva alrededor de 20000 Ha de trigo y 50000 Ha de cebada.

Cuadro N° 11
Capacidad instalada de la industria molinera 2000

MOLINO / TONELADAS MÉTRICAS					
Industrial Molinera	138.700	Molinos royal	21.900	Condor	10.950
Molinos del Ecuador	138.700	Miraflores	18.250	Figallo	10.900
La Union	109.500	Ingueza	18.250	Prosarina	9.125
Molimanta	87.600	El Fenix	14.600	Imperial	9.070
Poultier	73.000	Italia	14.600	Falimensa	7.300
Superior	46.800	San luis	14.600	Molagrín	7.300
Electro Moderno	43.800	El censo	14.600	Ripalda	7.300
Nutrinat	43.800	Cordillera	14.600	Catedral	5.500
Mopasa	37.700	Puyol	14.600	Tilulum	5.475
Industria harinera	23.725	Comharsa	12.000	TOTAL	974.245

Fuente: SICA – Industria molinera

http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/trigo2001/mercado%20nacional/capacidad_instalada.hTM
29.06.2009

2.10 ALIMENTOS INTEGRALES

Según CONCIENCIA ANIMAL (2003), se denominan alimentos integrales a todos aquellos alimentos que se encuentran en su estado original antes de ser sometidos a cualquier proceso de refinación (congelación, deshidratación, extracción, envasado, etc.), el cual reduce aproximadamente el 80% de su valor nutritivo. Los alimentos integrales contienen más vitaminas, minerales, enzimas, aminoácidos y carbohidratos complejos que los alimentos refinados, como por ejemplo la harina corriente, pan blanco, cereales refinados, azúcar blanca, pastas, etc.; los cuales han perdido casi totalmente su valor nutritivo.

<http://www.conciencia-animal.cl/paginas/temas/temas.php?d=1185>
03.08.2009

2.10.1 Importancia del consumo de alimentos integrales

Según NESTLÉ REGIÓN AMÉRICA CENTRAL (2009),

- Pueden prevenir algunas enfermedades.
- Aportan más vitaminas, minerales y otros nutrientes que los alimentos refinados.
- Ayudan a reducir los niveles de colesterol y, por tanto, el riesgo de enfermedades cardíacas.
- Son ideales para las personas con diabetes, ya que su ingesta no produce ‘picos’ elevados de glucosa en sangre.

http://www.nestlecentroamerica.com/articulos/Nutricion/alimentos_integrales.htm

03.08.2009

2.10.2 Cereales integrales

Al cereal cuando se procesa sin quitarle las cubiertas, el producto resultante se denomina integral.

Según ALIMENTACIÓN SANA (2009), los alimentos elaborados con cereales de grano entero, tienen un contenido nutritivo y de fibra mayor que los alimentos refinados, ya que en este proceso se eliminan ciertas partes del cereal, como el salvado y el germen.

Entre los nutrientes destacados de los alimentos integrales están las vitaminas del grupo B, la vitamina E, minerales como selenio, zinc, cobre, magnesio, fósforo, hierro y grasas poli insaturadas procedentes del germen del cereal.

El consumo de cereales integrales en la actualidad han puesto de manifiesto los beneficios que supone para la salud el consumo de productos integrales (pan, arroz, pasta, cereales de desayuno, galletas...), por lo que parece recomendable incorporar habitualmente dichos alimentos en nuestra dieta.

Además de estas ventajas nutricionales, los cereales integrales son más sabrosos y su textura es más firme y crujiente, cualidades que son aprovechadas en la cocina para preparar productos y platos suculentos.

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/cereales1.htm>
05.08.2009

El valor nutritivo de los cereales está en relación con el grado de extracción del grano “cuanto más blanco es un pan, menor valor nutritivo tiene”.

Las harinas integrales son más ricas en nutrientes, contienen mayor cantidad de fibra, de carbohidratos y del complejo vitamínico B1.

http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/cereales.htm
01.07.2009

2.10.3 Harina integral de trigo

Según MADRID, A., et. (1994), se considera como Harina Integral al producto resultante de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco, industrialmente limpio, sin separación de ninguna parte de él, es decir, con un grado de extracción del 100%. La harina integral de trigo desgerminado es el producto resultante de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco, industrialmente limpio, al que se le ha eliminado sólo el germen.

2.10.4 Pan integral

Según MADRID, A., et. (1994), se denomina como pan integral al elaborado con harina integral. El pan integral compuesto de harina de trigo no refinada (posee más salvado). Se denomina integral al pan que posee una gran cantidad de fibra dietética. En algunos países del mundo se lo considera para una dieta equilibrada. La popularidad ha ido creciendo y hoy en día es fácil encontrarlo en los supermercados.

Según LA CHAPPELLE, C., SICA (2009), la composición nutricional de los panes depende del origen de las harinas. El pan contiene: muchos hidratos de

carbono complejos, muchas proteínas, muchas vitaminas y sustancias minerales, pocas grasas, etc.

Cuadro N° 12
Valor nutritivo del pan cada 100 gramos

Contenidos	Pan integral	Pan semiintegral	Pan blanco
Agua	37.1	35	33
Hidratos de Carbono	44	51	54.5
Proteínas	12.5	12	8.7
Grasas	1.5	1.2	1
Fibras Alimentarias	6.2	2.7	1.3
Calorías	225	260	323
Sodio	625 mg	710 mg	125 mg
Potasio	240 mg	175 mg	125 mg
Fósforo	196 mg	151 mg	108 mg
Vitamina B1	0.23 mg	0.21 mg	0.23 mg
Niacina	1.97 mg	1.35 mg	1.97 mg

Fuente: SICA – ECUADOR (2009), artículo de Claude La Chapulle.

<http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/trigo2001/estudios/pan.htm>
18.08.2009

2.11 CEREALES GERMINADOS, TOSTADOS Y SU IMPORTANCIA

Según GOYOAGA, C. (2005), la germinación desencadena en los granos una serie de procesos enzimáticos que mejoran su digestibilidad y aumentan su valor nutricional. Entre estos cambios está la degradación del ácido fítico, que mejora la biodisponibilidad de los minerales, y la aparición de vitaminas A, C y B12.

<http://www.ucm.es/BUCM/tesis/far/ucm-t28827.pdf>
24.01.2010

Según GELINEAU, C., (1998), la germinación de los cereales puede darse por la presencia del contacto de la semilla con agua, calor y oxígeno, basta con estos tres elementos para que las enzimas diastasas se activen y den lugar a nuevas metamorfosis. Así, por ejemplo:

- Las sustancias nutritivas contenidas en la semilla -lo que se llama el "albumen"- son pre-digeridas por efecto de dichas enzimas.
- Las proteínas complejas se transforman en aminoácidos simples algunos de los cuales son imprescindibles para el ser humano.

- Se sintetizan abundantes vitaminas que, de hecho, aumentan su cantidad de forma exponencial, tal y como hemos mencionado anteriormente.
- Las grasas se convierten en ácidos grasos.
- El almidón se reduce a maltosa y dextrina, azúcares más simples que exigen menos esfuerzo al aparato digestivo, liberan energía más rápido y producen un efecto estimulante.
- Se forma la clorofila, muy similar estructuralmente a la hemoglobina y que, como ella, lleva oxígeno a las células y es un buen agente desintoxicante y regenerador del organismo.

El proceso de tostado en los cereales previo a la molturación para la elaboración de harinas hacen que se mejore la palatabilidad de los mismos y también facilitan el proceso de molturación pudiéndose obtener harinas más finas en cuanto a granulometría, de igual manera la conversión de los azúcares hacen que éstas se han más biodisponibles para el consumo de las levaduras en el proceso de panificación; además al ser tostado el grano pierde una cantidad considerable de humedad haciendo que su actividad acuosa disminuya y por ende prolongue su vida útil.

2.12 SALUD NUTRICIONAL EN EL ECUADOR

Según SANDOVAL, G. (2008), en Ecuador uno de cada cuatro niños menores de 5 años tiene desnutrición crónica. Se sitúa, entonces, el país, entre aquellos de América Latina con altas tasas. Un análisis de la tendencia de la curva de desnutrición revela no solo si se está reduciendo sino a qué velocidad lo hace el país: los datos entre el 1999 y el 2006 son claros un -7% es un ritmo muy lento, menos de -0.9% anual (mientras que en Chile lo hizo a -1.5% anual entre el 1965 y 1980). Y la desnutrición entre las embarazadas pobres se sitúa, en una investigación del 1997, en el 60%.

2.12.1 Obesidad

Según LA SALUD EN LAS AMÉRICAS (2002), principalmente las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y algunos cánceres, se han convertido

en la principal causa de mortalidad en la Región de las Américas. Estas enfermedades tienen un denominador común en el sobrepeso y la obesidad, que resultan de un balance nutricional positivo, donde el consumo y ahorro de energía es superior al gasto.

La mayor parte de los cambios ocasionados por las enfermedades crónicas en la morbilidad y la mortalidad yacen en modificaciones en los patrones de alimentación y actividad física de la población. La prevalencia de sobrepeso en los niños en edad escolar, donde hay información, se sitúa entre 25% y 30%.

El sedentarismo, especialmente en las ciudades, es uno de los factores que favorece la obesidad en el mundo. En la Región de las Américas no es frecuente la actividad física regular, particularmente en los sectores de menores ingresos.

2.12.2 Estreñimiento

Según BLESER, S., et. (2007), los niños y los adultos deben consumir suficiente fibra en la dieta. Las verduras, las frutas frescas, las frutas secas, al igual que el trigo integral, el salvado o la harina de avena son excelentes fuentes de fibra. Para recoger los beneficios de la fibra, es muy importante incrementar el consumo de líquidos para ayudar a evacuar las heces.

Evitar el estreñimiento por completo es más fácil que tratarlo, pero implica las mismas medidas en el estilo de vida:

- Consumir mucha fibra
- Tomar mucho líquido cada día (al menos 8 vasos de agua por día)
- Hacer ejercicio regularmente
- Ir al baño cuando se presente la urgencia y no esperar.

2.12.3 Diabetes

Según INSTITUTO NACIONAL DE DIABETES Y ENFERMEDADES DIGESTIVAS Y DEL RIÑÓN (2009), la diabetes es una enfermedad en la que

los niveles de glucosa (azúcar) de la sangre están muy altos. La glucosa proviene de los alimentos que consume. La insulina es una hormona que ayuda a que la glucosa entre a las células para suministrarles energía. En la diabetes tipo 1, el cuerpo no produce insulina. En la diabetes tipo 2, el tipo más común, el cuerpo no produce o no usa la insulina adecuadamente. Sin suficiente insulina, la glucosa permanece en la sangre.

Con el tiempo, el exceso de glucosa en la sangre puede causar problemas serios. Puede provocar lesiones en los ojos, los riñones y los nervios. La diabetes también puede causar enfermedades cardíacas, derrames cerebrales e incluso la necesidad de amputar un miembro.

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

3.1.1 UBICACIÓN DEL TRABAJO DE LABORATORIO

El desarrollo del experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Panificación de las Unidades Productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte, ubicados en el Sector del Camal, cantón de Ibarra.

3.1.2 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Parroquia: Azaya

Lugar: Laboratorios FICAYA – UTN

Altura: 2.384 m.s.n.m.

Temperatura: 15,6°C

Precipitación anual: 611,2mm

Humedad Relativa: 86%

Fuente: Estación meteorológica, Aeropuerto “Atahualpa”, ciudad de Ibarra.

Código: M053

(2009)

3.2 MATERIALES

3.2.1 Materia prima e insumos

- Harina de trigo blanca e integral
- Harina de cebada germinada cruda y tostada

3.2.2 Equipos

- Horno para pan con capacidad para 4 latas
- Amasadora con capacidad de 5 lb
- Balanza analítica con capacidad hasta 1000 g
- 3 canastillas de acero inoxidable
- 4 Recipientes plásticos
- 4 Bandejas plásticas
- Termómetro (máx. 350°C)
- 2 cucharas
- 6 latas para pan
- 3 probetas de 50 ml
- Balanza digital (500 g)
- Mesa para moldeo
- Raspador de masa
- Cronómetro

3.2.3 INSUMOS

- Agua
- Levadura fresca
- Sal
- Azúcar
- Grasa vegetal (margarina y manteca)
- Huevos

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Tratamientos en estudio

Los parámetros en estudio estuvieron constituidos por la mezcla de dos tipos de harina de trigo (*Triticum spp.*) blanca e integral y con dos tipos de harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.

tb = harina de trigo blanca

ti = harina de trigo integral

cc = harina de cebada germinada cruda

ct= harina de cebada germinada tostada

Testigos:

Pti= Pan integral comercial

Niveles de mezcla de sustitución de harina de trigo por harina de cebada:

H. de trigo (blanca e integral) H. de cebada germinada (cruda y/o tostada)

90% - 10%

80% - 20%

70% - 30%

3.3.2 TRATAMIENTOS

Se evaluó doce tratamientos por cada materia prima de la combinación de la harina trigo blanca y harina de cebada germinada cruda, harina trigo blanca con harina de cebada germinada tostada y de igual manera harina de trigo integral con harina de cebada germinada cruda, harina trigo integral con harina de cebada germinada tostada; comparados frente al testigo pan integral comercial.

T1	tb ₉₀ cc ₁₀
T2	tb ₈₀ cc ₂₀
T3	tb ₇₀ cc ₃₀
T4	tb ₉₀ ct ₁₀
T5	tb ₈₀ ct ₂₀
T6	tb ₇₀ ct ₃₀
T7	ti ₉₀ cc ₁₀
T8	ti ₈₀ cc ₂₀
T9	ti ₇₀ cc ₃₀
T10	ti ₉₀ ct ₁₀
T11	ti ₈₀ ct ₂₀
T12	ti ₇₀ ct ₃₀
t1	Pti

3.3.3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con doce tratamientos, tres repeticiones y un testigo.

3.3.4 Características del experimento

El diseño que se aplicó para cada una de las mezclas de harinas, tiene las siguientes características.

Tratamientos	12
Repeticiones	3
Testigos	1
Unidades experimentales	37

3.3.5. Características de la unidad experimental

Los niveles de reemplazo de la harina de trigo tanto blanca como integral fueron del 10, 20, y 30% con las harinas de cebada germinada tanto cruda como tostada. Las mezclas se hicieron en forma manual, realizando los cálculos correspondientes utilizando como base de cálculo 1 kg de mezcla de harina de trigo y cebada germinada.

3.3.6. Esquema del análisis estadístico

ADEVA

Fuente de Variación Grados de Libertad

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	36
Tratamientos	11
Error	25

3.3.7. Análisis funcional

El coeficiente de variación determinó la eficiencia del diseño y la conducción del experimento.

Prueba de Tuckey al 5% para tratamientos.

Las variables cualitativas se evaluaron mediante la Prueba de Friedman al 5% para doce tratamientos.

3.3.8 Variables a evaluarse

Variables Paramétricas

- Se midió las características reológicas de la harina de cebada germinada cruda y tostada, tales como: humedad, absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad y debilitamiento; equipo utilizado fue el Mixolab, método empleado Brabender. Parámetro que se midió días previos a la elaboración del pan. La importancia de la medición es de que se conoció las características iniciales de la materia prima con la que se trabajó para la elaboración del pan. Mediante este procedimiento se determinó el comportamiento de las masas elaboradas a partir de la mezcla de harinas, también la consistencia o resistencia (en unidades farinográficas) que exhiben dichas masas al ser amasadas a velocidad constante en el Farinógrafo. Se envió dos muestras de harina: harina de cebada germinada cruda y harina de cebada germinada tostada al laboratorio de alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, determinándose las características reológicas.
- Se midió la humedad de la masa y pan, mediante el método gravimétrico. La importancia de este parámetro determinó la vida útil del pan y la textura del mismo. Mientras menor sea el porcentaje de humedad mayor será su vida útil.
- Se midió la fibra total del pan por el método Wendell. Según la cantidad de fibra que presentó el pan se lo clasificó dentro de los parámetros de integral la misma que fue superior a la cantidad que posee el pan integral comercial.

- Se midió el porcentaje de proteína del producto terminado por el método Kjeldahl, se comparó el aporte de proteína debido a la germinación previa del grano con el porcentaje que posee un pan integral comercial.
- Se evaluó la cantidad de grasa por el método Soxhlet, la medición se realizó de la masa y del pan. La importancia debe asumirse a la suavidad que le proporcionará al pan.
- Se midió el contenido de Cenizas del pan por el método gravimétrico, mediante este proceso se determinó la cantidad de minerales presentes en el pan integral.
- Por el método gravimétrico se pesó la masa y pan. Se estableció la diferencia de pesos entre los tratamientos en cada uno de los productos con la ayuda de una balanza analítica.
- Por el método volumétrico se determinó el incremento del volumen de la masa por acción de la fermentación, ésta medición se realizó a la masa, determinando de ésta manera la eficiencia del proceso y facilidad de fermentación.
- Se midió el volumen específico por el método de semillamiento de la masa y pan, observando si se presenta un incremento de volumen de masa de los distintos tratamientos.
- Se determinó el peso específico de la masa y del pan, para poder comparar el tamaño con el pan integral comercial.
- Se determinó la calidad nutricional del mejor tratamiento y testigo comercial, midiendo la cantidad de Potasio y Hierro, muestras enviadas al laboratorio de Uso Múltiple de la FICAYA.
- Se determinó finalmente el análisis del rendimiento de la producción en la elaboración del pan integral de harina de trigo blanca e integral con harina de cebada germinada cruda y/o tostada.

- Se determinó los costos de producción al final del proceso productivo.

Variables no Paramétricas

- Características organolépticas incluyendo sabor, corteza, textura, miga y aceptabilidad del producto. Se evaluó por medio de degustaciones con la colaboración de diez panelistas, comparando con dos testigos comerciales, los más parecidos posibles al pan integral elaborado en la investigación.

700 Disolución al 5%
 Harina de cebada
 germinada
 t= 5 días

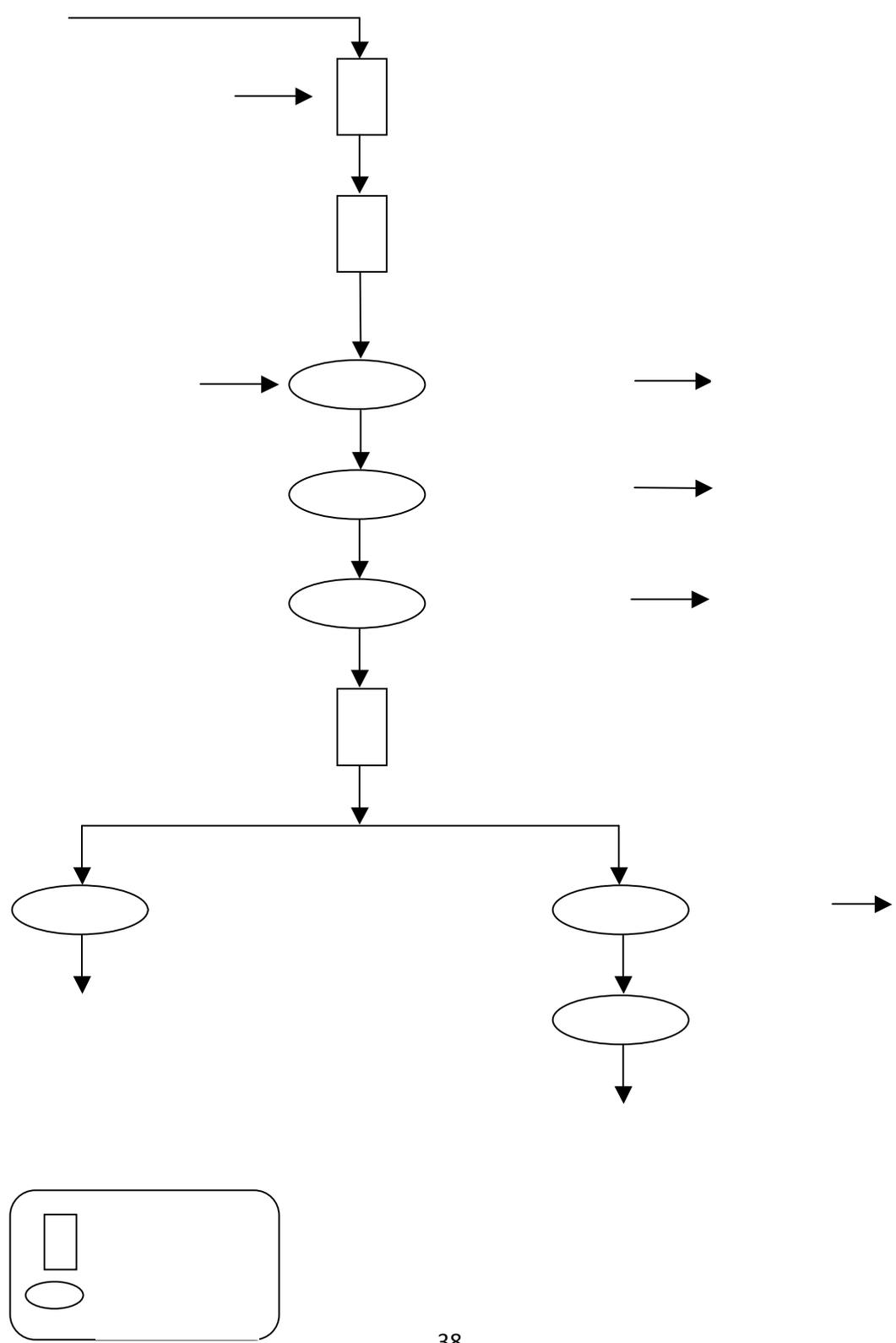
Peso de cebada
 desinfectada
 5 mm de radio
 T= 18 a 20°C
 Humedad = 50%
 t= 5 días

T= 70-80°C
 t= 20 min

OPERACIÓN

3.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.4.1. Proceso de elaboración de harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.

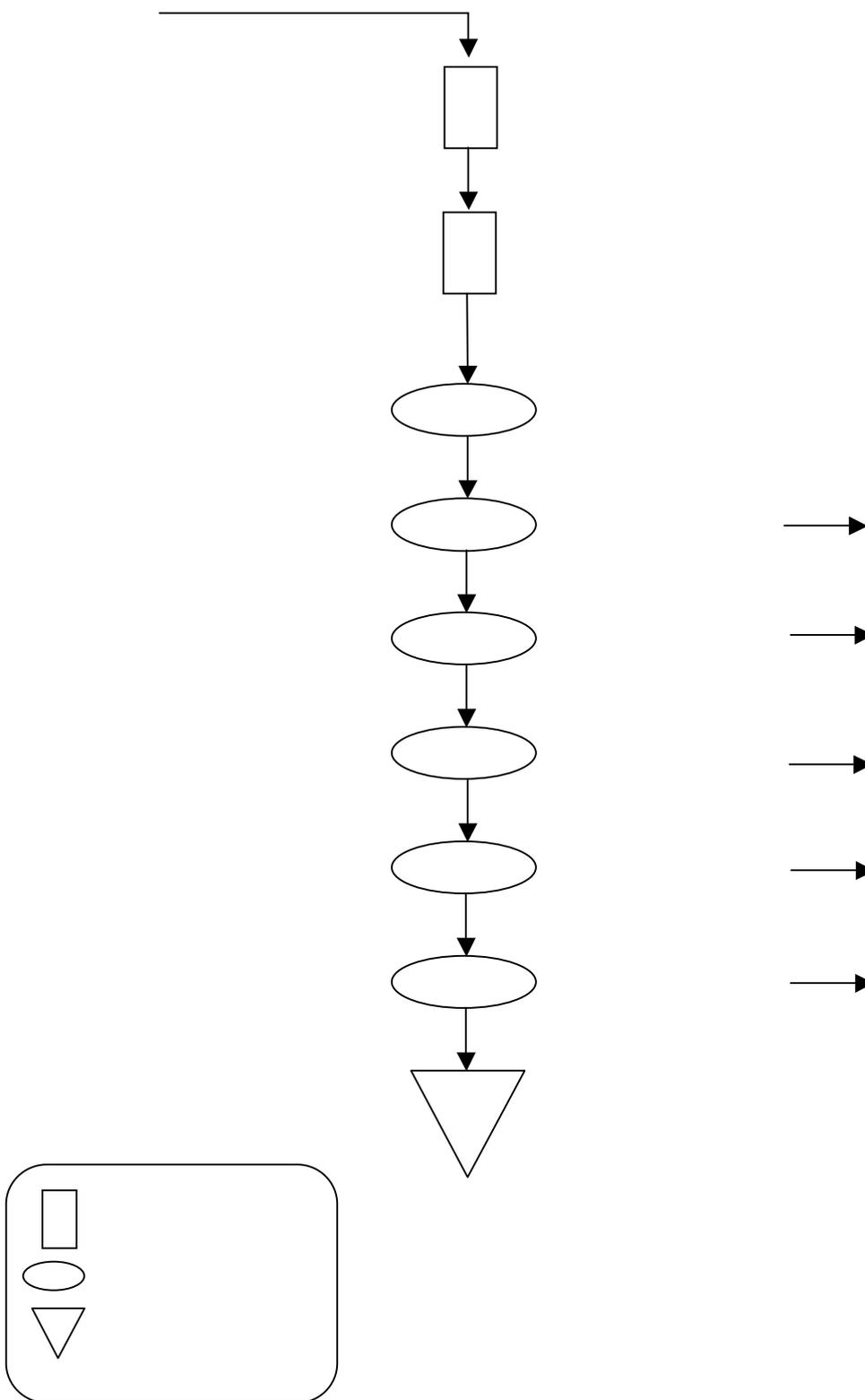


INSPECCIÓN
OPERACIÓN
MATERIA PRIMA
ALMACENAMIENTO

Enfriado y
Moldeo y
Reposado
Fermentación final
(fermentación inicial)

$t = 45 \text{ min.}$
 $t = 25 \text{ min.}$
 $t = 25 \text{ min.}$
 $t = 35 \text{ min.}$

3.4.2 Proceso de elaboración de pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) y harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada.



3.4.3 Descripción del Proceso

Recepción y desinfección de la cebada

Es necesario al momento de la recepción de la materia prima esté exenta de materiales extraños, se tamizó y eliminó toda clase de objetos extraños o restos de granos, para asegurar una materia prima homogénea. Se utilizó hipoclorito de sodio en una disolución al 5% para la desinfección sumergiendo los granos de cebada en una tina de capacidad 8 litros por un tiempo de 5 a 10 minutos.

Foto N°1 Recepción y desinfección de la cebada



Germinación

Los granos de cebada se sometieron a una hidratación total en una tina de capacidad de 8 litros para incentivar a la germinación de los mismos, se escurrió para luego colocarlos en bandejas plásticas de polietileno con capacidad de 1,5 kg, se cubrió con un plástico negro para mantener la humedad y el calor acelerando su proceso germinativo.

Foto N°2 Proceso de germinación de la cebada



Foto N°3 Proceso de germinación de la cebada



La hidratación se la realizó por 3 días en la que se irrigaba 700 ml agua por cada bandeja que contenía 1,5 kg de cebada en proceso germinativo. El proceso culminó una vez que se visualizó la aparición de 5 – 10 mm de radícula.

Foto N°4 Cebada germinada



Pre-secado

Posteriormente se procedió a un pre-secado de los granos de cebada germinada al ambiente por 5 días, descubiertos del plástico y colocados en bandejas a los rayos del sol, hasta una eliminación parcial de la humedad.

Foto N°5 Pre-secado de la cebada germinada



Secado

Se secó los granos de cebada germinada en un secador convencional de bandejas accionado por medio de energía eléctrica a una temperatura entre los 40 a 50°C. Se dividió en dos partes los granos de cebada germinada secos para destinarlos a la elaboración de harina de cebada cruda y la otra mitad para tostarla, obteniendo harina de cebada tostada.

Foto N°6 Secado convencional de la cebada germinada



Molienda

Los granos de cebada germinada secos se los trituró por medio de un molino de discos. Obteniéndose la harina de cebada germinada cruda.

Foto N°7 – 8 Proceso de molturación de la cebada germinada. Harina de cebada germinada cruda



Tostado

La otra mitad de los granos de cebada germinada secos se procedió a tostarlos en una paila de bronce a 70°C, se utilizó una cocina a gas a fuego directo, se agitó continuamente para evitar que se quemara, proceso que culminó una vez que el grano posee un ligero color amarillo, en un tiempo de aproximadamente 10 minutos, el sonido de crujencia característico de los granos sometidos a este proceso que indicó que estaba listo.

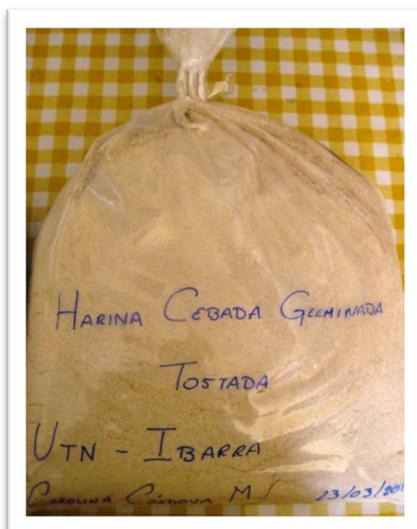
Enfriado

Se procedió a enfriar los granos por un lapso aproximado de 3 horas a temperatura ambiente.

Molturación

Se procedió finalmente al triturado en un molino de discos para obtener la harina de cebada germinada tostada.

Foto N°9 Harina de cebada germinada tostada



Pesado

Se utilizó una balanza analítica de una capacidad de 1000 g y de precisión 1g. Se procedió a pesar las harinas para formular las mezclas con los siguientes porcentajes propuestos.

Foto N°10 Preparación de las mezclas, pesado



Cuadro N° 13

Mezcla de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda y tostada

Mezclas		Harina de trigo blanca (g)	Harina de cebada germinada cruda (g)
Mezcla 1	90 – 10	900	100
Mezcla 2	80 – 20	800	200
Mezcla 3	70 – 30	700	300
		Harina de trigo blanca (g)	Harina de cebada germinada tostada (g)
Mezcla 4	90 – 10	900	100
Mezcla 5	80 – 20	800	200
Mezcla 6	70 – 30	700	300

Cuadro N° 14

Mezcla de harina de trigo integral con harina de cebada germinada cruda y tostada

Mezclas		Harina de trigo integral (g)	Harina de cebada germinada cruda (g)
Mezcla 1	90 – 10	900	100
Mezcla 2	80 – 20	800	200
Mezcla 3	70 – 30	700	300
		Harina de trigo integral (g)	Harina de cebada germinada tostada (g)
Mezcla 4	90 – 10	900	100
Mezcla 5	80 – 20	800	200
Mezcla 6	70 – 30	700	300

Elaboración de Pan

La formulación de pan está en base a 1 kg de la mezcla de harina de trigo y harina de cebada germinada, por lo que cada ingrediente tendrá su participación en las siguientes proporciones:

Cuadro N° 15
Formulación para la elaboración de pan integral

Ingredientes secos:	%	g
❖ Mezcla de harina trigo (blanca o integral) + harina de cebada germinada (cruda o tostada)	100	1000
❖ Azúcar	10	100
❖ Sal	2	20
Ingredientes Húmedos:		
❖ Levadura	3	30
❖ Grasa: Margarina + manteca vegetal (50/50)	10	100
❖ Huevos		2
❖ Agua		c/n

Mezclado

Se mezcló los ingredientes secos los dos tipos de harina y azúcar, mientras tanto se activó 30g levadura en una cantidad de 100 ml de agua a 24°C, junto con 2 g de azúcar, se dejó reposar por 10 minutos.

Se incorporó la levadura activada en la mezcla de los ingredientes secos. Luego se colocó los huevos, la grasa y se mezcló. Finalmente se colocó poco a poco el agua necesaria (c/n: cantidad necesaria por la prueba inicial de la capacidad de absorción de agua para cada una de las muestras) hasta que se obtuvo una masa de mezcla homogénea. Se colocó la masa trabajada previamente a la máquina de amasado.

Foto N°11 Activación de la levadura y mezcla de los ingredientes secos con la grasa y los huevos



Amasado

Se procedió un pre-amasado en la mesa, luego se lo colocó en la máquina de amasado por un lapso de 4 minutos hasta obtener una estructura elástica.

Foto N°12 Pre-mezcla de todos los ingredientes



La función de este proceso está enfocada a que se activen las enzimas de la levadura y provoquen la conversión del almidón en maltosa, la cual será consumida por las levaduras, además de que la adición de agua será absorbida por las proteínas del gluten, desarrollando la elasticidad de la masa y la extensibilidad, además de agregar mayor esponjosidad a la masa por la incorporación de moléculas de aire.

Foto N°13 Amasado



Leudado (fermentación inicial)

El leudado se realizó a una temperatura de 35°C por 10 minutos, cubriendo la masa con un plástico de color oscuro, dejando fermentar. Según el proceso de elaboración varía el tiempo de fermentación, al final de la cual la masa, habrá aumentado su volumen inicial.

Foto N°14 Fermentación inicial de la masa



Pesado y Moldeado

Luego se procedió a cortar la masa dividiéndolas en pequeñas unidades con un peso estandarizado de 60g para cada unidad experimental. Se realizó el proceso de boleado en el que consiste en tomar la masa y cubrirla con la palma de la mano contra la mesa en forma cóncava de manera que haya un ligero roce entre la masa y la mano, luego se realizó movimientos circulares rápidos, en el que las yemas de los dedos toquen ligeramente la mesa, tomando en cuenta no presionar muy fuerte la masa.

Foto N°15 Pesado y moldeado de las masas



Foto N°16 Boleado de las masas



Fermentación Final

Las masas una vez boleadas, se las dejó en reposo para que ocurra la segunda fermentación por un tiempo de 35 minutos a 35°C, nuevamente se los recubrió con plástico para mantener y aumentar la temperatura de las mismas.

Foto N°17 Segunda fermentación de la masa



Horneado

Previo a esto, se colocó las masas individuales en latas engrasadas, y precalentamos el horno a 155° C por un lapso de 25 - 30 minutos.

Foto N°18. Horneado del pan



Enfriado y Empacado

Una vez sacados del horno, se dejó el pan en las mismas latas por aproximadamente 20 minutos para que se enfríen, luego se colocó en una canastilla metálica en donde terminaron de enfriarse.

Finalmente se almacenó 10 unidades de pan dentro de fundas de polietileno para posteriormente ser analizadas en el laboratorio.

Foto N°19 Pan integral



3.4.4 Métodos de Análisis

3.4.4.1 Determinación de las características reológicas

Se determinó el rendimiento de la harina y la capacidad de ésta para absorber agua, así como el tiempo de desarrollo de la masa, en un **Farinógrafo** modelo Mixolab SEW (Brabender, Duisburg, RFA), siguiendo el procedimiento de la American Association of Cereal Chemistry (AACC) 54-21, El método farinográfico determinó la captación de agua de una harina particular y la tolerancia de mezcla de la masa resultante. Las mejores harinas de pan, y la masa, exhibirán valores farinográficos superiores. Si una harina en particular muestra una captación de agua relativamente alta y la tolerancia de mezcla de la masa resultante es buena, la curva del Farinógrafo muestra retención de la mayor parte, sino de toda, de la altura inicial a lo largo del tiempo. La mecanibilidad y la calidad de horneado de dicha masa sería con toda probabilidad excelente.

El Método AACC 54-21 define al Farinógrafo como siguiente: “mide y registra la resistencia de una masa a la mezcla. Se utiliza para evaluar la absorción de harinas y para determinar la estabilidad y otras características de las masas durante la mezcla”.

3.4.4.2 Determinación de Humedad:

La humedad es la cantidad de agua que contiene el alimento; la diferencia entre el peso total del alimento y el contenido en agua se denomina materia seca.

La humedad se determinó desecando el alimento en una estufa a 106°C durante 4h. Un problema importante es que a altas temperaturas (>60°C) se evapora no sólo agua, sino también sustancias volátiles de los alimentos.

Foto N°20 Estufa – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Cálculo de la materia seca contenida en Alimentos

Ejemplo:

Peso inicial del alimento 4,6 g se lo deseca en la estufa y se llega a obtener materia seca 4,3 g.

Cálculos:

Materia Seca: $4.3 \text{ g} / 4.6 = 93.5\%$

Humedad: $100\% - 93.5\% = 6.5\%$

3.4.4.3 Determinación de Fibra Total:

Tradicionalmente los carbohidratos estructurales se han estimado como la fibra bruta del alimento. La fibra bruta se determinó como el residuo que queda tras la doble hidrólisis ácida (H_2SO_4 0,22M) y alcalina (KOH 0,35M) del alimento.

Foto N°21 Fibertest – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



No obstante, un inconveniente de la doble hidrólisis es que solubiliza parte de la hemicelulosa y de la lignina de la pared celular (esto es, el contenido en fibra bruta es menor que el contenido real en carbohidratos estructurales), y por lo tanto, la fibra bruta no es un buen estimador de los componentes de la pared celular.

3.4.4.4 Determinación de Proteína:

En general, casi todo el nitrógeno que contienen los alimentos está formando parte de los grupos amino de los aminoácidos; por este motivo el contenido en proteína se calcula a partir del contenido en nitrógeno de los alimentos. El contenido nitrogenado de los aminoácidos varía desde un 3% en la tirosina hasta un 32% en la Arginina, pasando por 16% de media en las proteínas de los tejidos animales; esto es, el contenido en nitrógeno de una proteína depende de su composición en aminoácidos. No obstante, para simplificar el cálculo de la proteína bruta se supone que las proteínas contienen de media un 16% de nitrógeno, por lo que la proteína bruta que contiene un alimento se calcula como el nitrógeno total del alimento dividido por 0,16 (o multiplicado por 6,25).

El nitrógeno total del alimento se determinó por el método Kjeldahl:

- Digestión de la muestra: consiste en tratar el alimento con ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado junto con antiespumante y catalizador, que convierte en amoníaco todo el nitrógeno del alimento, formándose sulfato amónico.
- Destilación: posteriormente se libera el amoníaco mediante la adición de hidróxido sódico (NaOH 45%), y este amoníaco condensado se fijó sobre ácido bórico diluido 3% junto con un indicador verde-azul colocado en un erlenmeyer, valorando finalmente por titulación con álcali diluido (H_2SO_4 0,5N).

Foto N°22 Digestor Kjendahl – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Moles de HCl = Moles de NH_3 = Moles de N en la muestra

$$\% N = \frac{NHCl \times \text{Volumen de ácido corregido}}{\text{g de muestra}} \times \frac{14 \text{ g N}}{\text{mol}} \times 100$$

En donde:

NHCl = Normalidad del HCl en moles/1000ml.

Volumen del ácido corregido = (ml. del ácido estandarizado para la muestra) - (ml. de ácido estandarizado para el blanco).

14 = Peso atómico del nitrógeno.

Se utiliza un factor para convertir el porcentaje de N a porcentaje de proteína cruda. El porcentaje de N en proteína para el harina de trigo es de 18% y su factor de conversión es de 5.70.

3.4.4.5 Determinación de Grasa:

El extracto etéreo ó grasa bruta estima el contenido en triglicéridos del alimento. El extracto etéreo se determinó solubilizando los lípidos con éter de petróleo para separarlos del resto del alimento mediante extractores Soxhlet; antes de la extracción, se recomienda someter a los alimentos a una hidrólisis ácida (con HCl 3 N) para romper los enlaces que ligan a algunos lípidos con otras sustancias (p.e. lipoproteínas, fosfolípidos, y las grasas saponificadas que forman jabones de ácidos grasos con minerales).

Foto N°23 Soxhlet – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Cálculo del extracto etéreo contenido en los alimentos

$$\% \text{ grasa cruda} = ((m_2 - m_1) / m) * 100$$

En donde :

m= peso de la muestra

m1= tara del matraz solo

m2= peso matraz con grasa.

$$\% \text{ EE en base seca} = (\% \text{ EE} * (100 / (100 - \% \text{ Humedad})))$$

En donde:

m= peso de la muestra

m1= tara del matraz solo

m2= peso matraz con grasa

3.4.4.6 Determinación de Cenizas:

Foto N°24. Mufla – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento, en general, las cenizas suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos. Los minerales, junto con el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se pueden oxidar en el organismo para producir energía; por el contrario, la materia orgánica comprende los nutrientes (proteínas, carbohidratos y lípidos) que se pueden quemar (oxidar) en el organismo para obtener energía, y se calcula como la diferencia entre el contenido en materia seca del alimento y el contenido en cenizas.

Las cenizas se determinaron como el residuo que queda al quemar en un horno ó mufla los componentes orgánicos a 650°C durante 5h.

Cálculo de la materia orgánica contenida en los alimentos:

Ej. Peso del alimento: 5,2 g → MUFLA → Cenizas: 0,2 g

Cálculos:

$$\text{Cenizas:} \quad 0,2 \text{ g} / 5,2\text{g} = 3,8\%$$

$$\text{Cenizas sobre MS:} \quad 3,8 / 0,935 = 4,1\%$$

$$\text{Materia orgánica:} \quad 93,5 - 3,8 = 89,7\%$$

$$\text{MO sobre MS:} \quad 100 - 4,1 = 95,9\%$$

$$89,7 / 0,935 = 95,9\%$$

Respecto al análisis de minerales, es frecuente que se determine el contenido de ciertos macro minerales en los alimentos, como el calcio, fósforo y magnesio; los minerales se analizan generalmente mediante espectrofotometría de absorción atómica o mediante colorimetría.

3.4.4.7 Determinación del Volumen de Fermentación

Se midió el incremento del volumen de la masa por efecto de la fermentación por el método volumétrico, utilizando una probeta de 50 ml. Se colocó 10 g de masa en el interior de la probeta, cubriendo la abertura con una funda plástica para retener el aire y mantener la temperatura, se tomó el dato de su volumen inicial y al cabo de 35 minutos, el proceso de fermentación tuvo lugar y se procedió a tomar la segunda medida del volumen final.

Por medio de diferencia de volúmenes, se determinó el volumen de fermentación para cada tratamiento y su respectiva repetición.

Cálculos:

$$V_f = V_f - V_i$$

Donde:

$$V_f = \text{volumen de fermentación} \quad V_i = \text{volumen inicial} \quad V_f = \text{volumen final}$$

3.4.4.8 Determinación del Peso

Foto N°25 Balanza gramera – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Se midió el peso por medio de diferenciación utilizando método gravimétrico, en el que se usó una balanza analítica, se pesó inicialmente la masa de cada pan de los diferentes tratamientos antes de ingresar al horno, y luego se pesó finalmente luego del proceso de horneado (pan).

Cálculos:

$$P = P_f - P_i$$

Donde:

P = peso total

P_i = peso inicial

P_f = peso final

3.4.4.9 Determinación del Volumen Específico

Se obtuvo a través del método de “Desplazamiento de semillas”, consistió en colocar en un vaso de precipitación de 500 ml semillas de zanahoria al ras de la línea de 400 ml, posteriormente se procedió a retirar una cierta parte de las semillas y se colocó dentro del recipiente la masa en primera instancia, se cubrió con semillas de zanahoria hasta cubrir un volumen de 400 ml y el resto de semillas sobrantes se colocó en una probeta de 200 ml y se midió el volumen que ocupaban al que corresponde el volumen reemplazado por la masa colocada en el vaso de precipitación y se registró el volumen ocupado por las mismas, de igual manera se realizó con el pan.

Foto N°26 Determinación del volumen específico – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



3.4.4.10 Determinación del Peso Específico

El peso específico se obtuvo a partir de la determinación de peso y volumen tanto de la masa como del pan final, dicha variable se determinará por las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad pan} = P / V$$

$$\text{Peso específico} = d \text{ pan} / d \text{ agua}$$

En donde:

$$P = \text{peso del pan} \quad V = \text{volumen del pan} \quad d \text{ pan} = \text{densidad del pan}$$

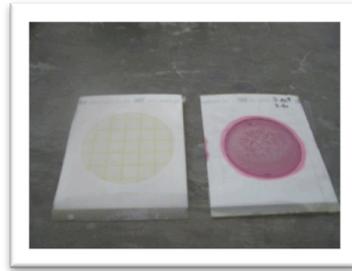
$$d \text{ agua} = \text{densidad del agua}$$

3.4.4.11 Análisis Microbiológicos

Se determinó según el método señalado en la norma INEN 1529, con la finalidad de establecer la presencia de mohos, levaduras y gérmenes aerobios totales a través del sistema petrifilm.

Las placas petrifilm, son un Método Microbiológico listo para usar de alta calidad, estandarizan y agilizan los procesos de pruebas, contienen nutrientes suplementados con antibióticos, un agente gelificante soluble en agua fría, y un indicador para realzar la visualización del cultivo en la placa.

Foto N°27 Placas petrifilm, determinación microbiológica – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Procedimiento:

1. Se esterilizó agua de peptona en el autoclave a 250°C y 15psi por un tiempo de 15 minutos, para luego utilizar en la dilución de la muestra.
2. Preparación de la muestra para la dilución en agua de peptona se realizó triturando la muestra hasta conseguir migas de pan, se tomó 10g de muestra y se colocó en 90ml de peptona.
3. Se colocó 1ml de la dilución en cada placa petrifilm sobre una superficie de trabajo totalmente plana y esterilizada.
4. Se levantó el film superior y depositó con cuidado 1ml de la muestra de cada tratamiento a controlar, en el centro del film interior.
5. Se cubrió delicadamente con el film superior, teniendo cuidado de no introducir burbujas de aire.
6. Se levantó el difusor plástico por la manija circular. Se colocó el centro del difusor en la línea con el centro del film superior. Se distribuyó la muestra en forma homogénea, ejerciendo poca presión sobre el difusor.
7. Se debe evitar que se desborde la muestra fuera del límite circular, se quitó el difusor y dejó reposar el film por el lapso de 1 minuto, para que proceda la gelificación.
8. Las placas destinadas para la determinación de la presencia de gérmenes aerobios totales se procedió a incubar las placas a 39°C por 24 horas.

9. Las placas destinadas para la determinación de mohos y levaduras se procedió a colocar en un lugar oscuro a temperatura ambiente durante 3 días.

3.4.4.12 *Determinación de la Calidad Nutricional*

Foto N°28 Equipo de absorción atómica – Laboratorio de Uso Múltiple FICAYA



Se midió la cantidad de Potasio y Hierro del mejor tratamiento, los dos testigos comerciales y de la harina de cebada germinada cruda y tostada, análisis realizado en el Laboratorio de Uso Múltiple de la FICAYA – UTN.

3.4.4.13 *Prueba Sensorial o Análisis Organoléptico*

Se evaluaron las siguientes características organolépticas como sabor, corteza, textura, miga y aceptabilidad del pan.

Con la colaboración de diez panelistas se comparó el pan elaborado en la presente tesis con dos testigos comerciales, los más parecidos posibles; los mismos que fueron elaborados en las Panificadoras “Tío Sam” y “San Francisco”.

La calificación enunciada para cada una de las características a medirse fue la siguiente:

Muy Agradable → 5

Agradable → 3

Desagradable → 1

Luego de recogido los resultados se procedió hacer el cálculo de la prueba de Friedman con la siguiente fórmula:

$$\chi_r^2 = \frac{12}{N \cdot k(k+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 - 3N(k+1)$$

Donde:

χ_r^2 = Chi-cuadrado

R_j = Rangos

N = Degustadores

k = Tratamientos

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 HARINA DE CEBADA GERMINADA CRUDA Y TOSTADA

4.1.1 Caracterización

Cuadro N°16

Caracterización harina de cebada germinada cruda y tostada

Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados		Metodología
		Harina cebada germinada cruda	Harina de cebada germinada tostada	
Proteína	%	10,12	10,60	AOAC 960.52
Cenizas	%	2,81	2,65	AOAC 920.153
Contenido de Humedad	%	74,56	71,24	AOAC 926.08
Extracto Etéreo	%	2,14	2,42	AOAC 968.20
Fibra	%	2,20	2,90	AOAC 945.18
Carbohidratos Totales	%	10,37	13,09	Cálculo
Potasio	mg/100 g	18,495	18,475	Abs. Atómica
Hierro	mg/100 g	0,2	0,192	

Las diferencias entre harina de cebada germinada cruda y tostada que se obtuvieron fueron que la cebada tostada es mucho más fácil en la molturación y la granulometría es muy fina, posee un color más atractivo al igual que el olor característico de la máchica, el contenido de humedad es mucho menor que la harina de cebada germinada cruda.

La harina de cebada es muy baja en contenido de gluten, por lo que no es recomendable para la elaboración en pan, pero sí se la puede utilizar como un

sustituto en bajas cantidades de la harina de trigo para potencializar su contenido nutricional.

El contenido de fibra bruta y proteína en la harina de cebada germinada cruda y tostada es muy alto, esto es debido a la germinación previa a la elaboración de harina, recalcando la importancia de este pre-tratamiento al grano en el que se potencializa nutricionalmente su calidad.

4.1.2 Características Reológicas

Cuadro N° 17
Características reológicas de la harina de cebada germinada cruda y tostada

FARINOGRAFÍA				
Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados		Metodología
		HARINA CEBADA GERMINADA CRUDA	HARINA DE CEBADA GERMINADA TOSTADA	
Humedad	%	9,50	6,70	BRABENDER
Absorción de agua	%	63,20	68,00	BRABENDER
Tiempo de desarrollo	min.	1,00	0,50	BRABENDER
Estabilidad	min.	1,00	0,50	BRABENDER
Debilitamiento	U.B.	151,00	139,00	BRABENDER

En los cuadros anteriores se detallan las características reológicas de la harina de cebada germinada cruda y tostada demuestran niveles muy bajos de la capacidad de absorción de agua, estabilidad y tiempo de desarrollo por lo que se concluye que es una harina no panificable. La cantidad de agua en la harina de cebada germinada cruda es más que en la harina de cebada germinada tostada, comparada con el porcentaje máximo de la harina de trigo integral se encuentran por debajo de 15% según la norma INEN 616:2006.

4.2 MASA

4.2.1 Humedad en la masa

Cuadro N°18
Humedad en la masa (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	1,8000	1,8008	1,7965	5,3973	1,7991
T2	1,7675	1,7902	1,8065	5,3641	1,7880
T3	1,7385	1,7952	1,7976	5,3314	1,7771
T4	1,7617	1,8689	1,7927	5,4233	1,8078
T5	1,7782	1,8036	1,8027	5,3845	1,7948
T6	1,7668	1,7716	1,7860	5,3244	1,7748
T7	1,7675	1,7960	1,8006	5,3641	1,7880
T8	1,7857	1,7689	1,8176	5,3722	1,7907
T9	1,7632	1,7961	1,8031	5,3625	1,7875
T10	1,7854	1,7688	1,7932	5,3473	1,7824
T11	1,7775	1,8063	1,7951	5,3789	1,7930
T12	1,7643	1,7899	1,7990	5,3533	1,7844
SUMA	21,2566	21,5561	21,5906	64,4033	1,7890

Cuadro N°19
Adeva de la variable humedad de la masa (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,016619				
Tratamientos	11	0,002753	0,000250	0,4333 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,013866	0,000578			

$$CV= 1,3436$$

De acuerdo con los cuadros anteriores, en el análisis de la varianza no se encontró diferencia estadística para la variable de Humedad en la Masa (%), por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

4.2.2. Extracto etéreo de la masa

Cuadro N°20
Extracto etéreo de la masa (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	1,0107	0,9509	0,9587	2,9202	0,9734
T2	1,0199	0,9541	0,9647	2,9386	0,9795
T3	0,9525	0,9050	0,9635	2,8210	0,9403
T4	0,9260	0,9086	0,9475	2,7822	0,9274
T5	0,9420	0,9643	0,9224	2,8287	0,9429
T6	0,9009	1,0252	0,9433	2,8694	0,9565
T7	0,9368	0,9309	0,9225	2,7903	0,9301
T8	1,0186	1,0349	1,0288	3,0822	1,0274
T9	0,9562	0,9594	0,9512	2,8668	0,9556
T10	1,0068	0,9163	0,9405	2,8637	0,9546
T11	0,9233	0,9473	0,9098	2,7805	0,9268
T12	0,9925	0,8622	0,9605	2,8152	0,9384
SUMA	11,5863	11,3591	11,4135	34,3589	0,9544

Cuadro N°21
Adeva de la variable extracto etéreo de la masa (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,057763				
Tratamientos	11	0,026990	0,002454	1,9137 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,030772	0,001282			

$$CV = 3,7518$$

De acuerdo con los cuadros anteriores en el análisis de la varianza no se encontró diferencia estadística para la variable de extracto etéreo de la masa (%), por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

4.2.3. Incremento de volumen de fermentación de la masa

Cuadro N°22
Incremento de volumen de fermentación de la masa (ml)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	18,00	18,00	16,00	52,00	17,33
T2	16,00	12,00	15,00	43,00	14,33
T3	14,00	14,00	15,00	43,00	14,33
T4	13,00	20,00	16,00	49,00	16,33
T5	12,00	14,00	16,00	42,00	14,00
T6	14,00	14,00	16,00	44,00	14,67
T7	13,00	18,00	15,00	46,00	15,33
T8	15,00	17,00	14,00	46,00	15,33
T9	15,00	18,00	16,00	49,00	16,33
T10	11,00	16,00	13,00	40,00	13,33
T11	15,00	18,00	18,00	51,00	17,00
T12	15,00	14,00	14,00	43,00	14,33
SUMA	171,00	193,00	184,00	548,00	15,22

Cuadro N°23
Adeva de la variable incremento de volumen de fermentación de la masa (ml)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	142,22				
Tratamientos	11	53,56	4,87	1,32 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	88,67	3,69			

$$CV = 12,6269$$

En los cuadros anteriores de acuerdo con el análisis de la varianza no se encontró diferencia estadística para la variable de volumen de fermentación de la masa (ml), por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

4.2.4. Capacidad de absorción de agua de la harina mezcla

Cuadro N°24
Capacidad de absorción de agua de la harina mezcla (100 g/ml)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	71,00	71,00	71,00	213,00	71,00
T2	70,00	71,00	68,00	209,00	69,67
T3	67,00	71,00	68,00	206,00	68,67
T4	67,00	71,00	69,00	207,00	69,00
T5	69,00	66,00	64,00	199,00	66,33
T6	65,00	70,00	67,00	202,00	67,33
T7	67,00	66,00	64,00	197,00	65,67
T8	65,00	67,00	65,00	197,00	65,67
T9	64,00	66,00	68,00	198,00	66,00
T10	65,00	63,00	63,00	191,00	63,67
T11	66,00	64,00	66,00	196,00	65,33
T12	60,00	64,00	65,00	189,00	63,00
SUMA	796,00	810,00	798,00	2404,00	66,78

Cuadro N°25
Adeva de la variable capacidad de absorción de agua de la harina mezcla (100g/ml)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	274,22				
Tratamientos	11	192,89	17,54	5,17**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	81,33	3,39			

$$CV = 2,7567$$

De acuerdo con los cuadros anteriores, en el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

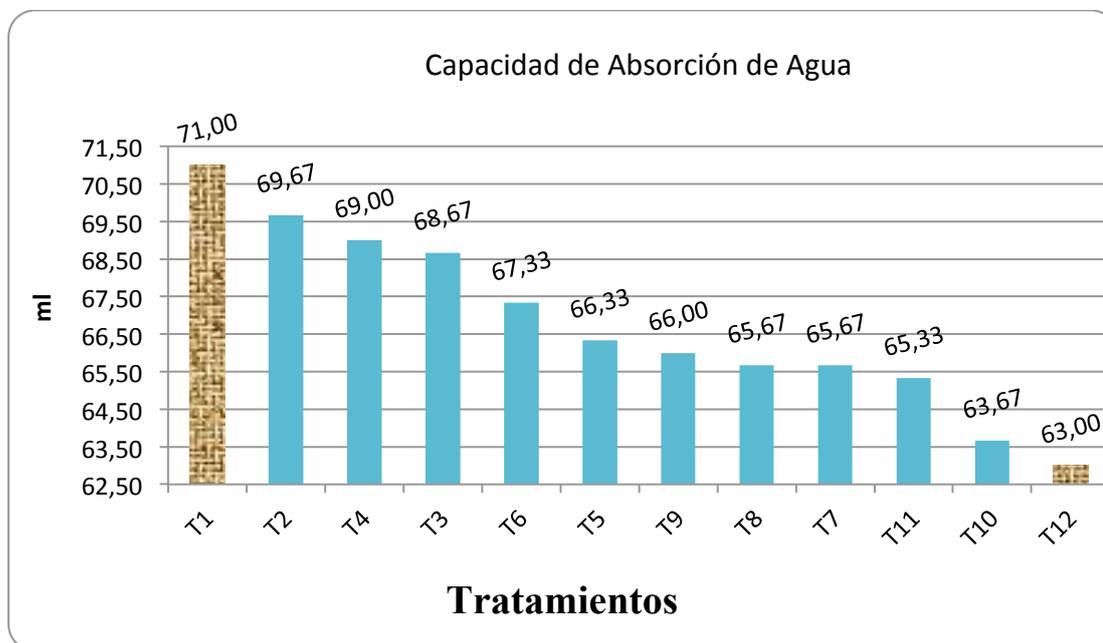
Cuadro N°26

Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable capacidad de absorción de agua de la harina mezcla (100g/ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1	71,00	a
T2	69,67	b
T4	69,00	c
T3	68,67	c
T6	67,33	c
T5	66,33	c
T9	66,00	c
T8	65,67	c
T7	65,67	c
T11	65,33	c
T10	63,67	c
T12	63,00	c

Se observada en el cuadro anterior que existen tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T1** (mezcla harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada cruda 10%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T2**; en el tercer rango se encuentran los tratamientos **T4, T3, T6, T5, T9, T8, T7, T11, T10 y T12**.

Gráfica N°5
Capacidad de absorción de agua de la harina mezcla



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos de la capacidad de absorción de agua de 100 g de la mezcla de harinas, se ha observado que el mejor tratamiento es **T1** con un valor de 71g/ml con mayor absorción de agua, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral al 90% y cebada germinada cruda al 10% y el de menor capacidad de absorción de agua fue el tratamiento **T12** de 63g/ml al que corresponde la mezcla de harina blanca de trigo 70% con harina de cebada germinada tostada 30%.

4.2.5. Volumen específico de la masa

Cuadro N°27

Volumen específico de la masa (ml)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	70,00	75,00	78,00	223,00	74,33
T2	74,00	79,00	77,00	230,00	76,67
T3	72,00	72,00	75,00	219,00	73,00
T4	76,00	81,00	80,00	237,00	79,00
T5	81,00	80,00	81,00	242,00	80,67
T6	82,00	78,00	78,00	238,00	79,33
T7	73,00	70,00	68,00	211,00	70,33
T8	74,00	71,00	72,00	217,00	72,33
T9	70,00	68,00	72,00	210,00	70,00
T10	89,00	94,00	93,00	276,00	92,00
T11	86,00	84,00	90,00	260,00	86,67
T12	90,00	83,00	89,00	262,00	87,33
SUMA	937,00	935,00	953,00	2825,00	78,47

Cuadro N°28

Adeva de la variable volumen específico de la masa (ml)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	1844,97				
Tratamientos	11	1681,64	152,88	22,46**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	163,33	6,81			

$$CV= 3,3244$$

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

Cuadro N°29

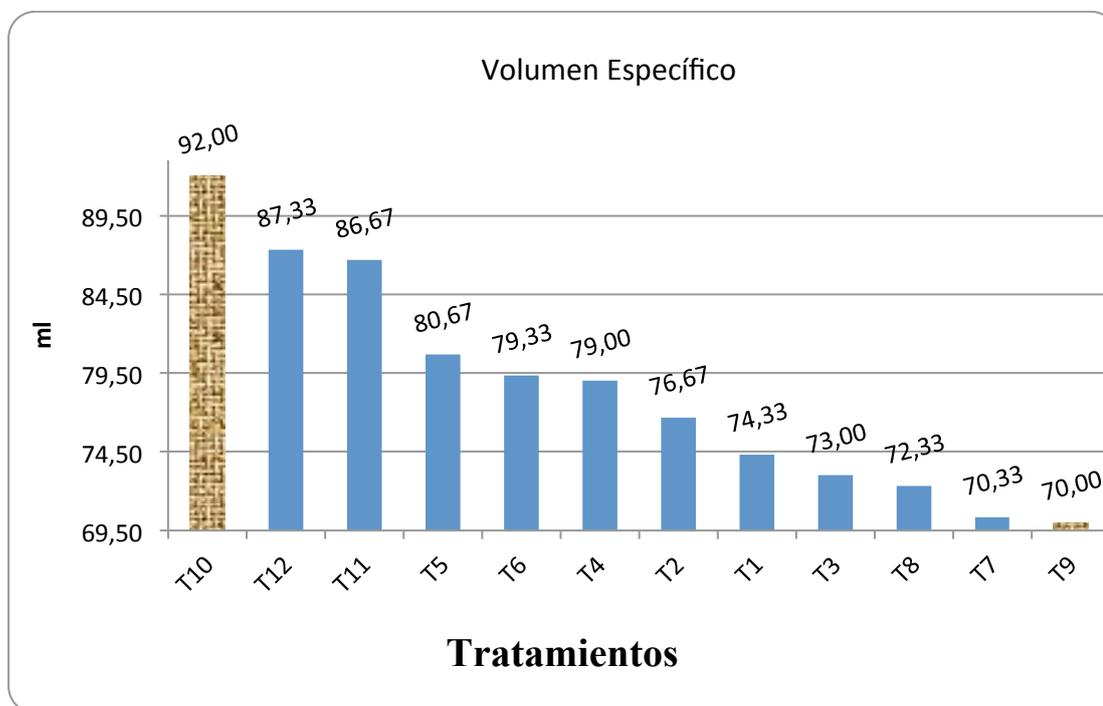
Prueba de Tuckey para tratamientos para la variable volumen específico de la masa (ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	92,00	a
T12	87,33	a
T11	86,67	a
T5	80,67	b
T6	79,33	b
T4	79,00	b
T2	76,67	b
T1	74,33	b
T3	73,00	c
T8	72,33	c
T7	70,33	c
T9	70,00	c

Se ha observado que existe tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T10** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T12** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada tostada 30%), **T11** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada tostada 20%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T5, T6, T4, T2, T1**; en el tercer rango se encuentran los tratamientos **T3, T8, T7, T9**.

Gráfica N° 6

Volumen específico de la masa (ml)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos del volumen específico de la masa (ml), se ha observado que el mejor tratamiento es **T10** con un valor de 92ml con mayor volumen específico, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo blanca al 90% y cebada germinada tostada al 10% y el de menor volumen específico es el tratamiento **T9** con 70ml al que corresponde la mezcla de harina de trigo blanca 70% con harina de cebada germinada cruda 30%.

4.3 PAN

4.3.1. Humedad en el pan

Cuadro N°30

Humedad en el pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	8,8600	8,8159	8,9900	26,6659	8,8886
T2	8,6660	8,7772	8,8719	26,3151	8,7717
T3	8,6232	8,8386	8,8006	26,2623	8,7541
T4	8,6516	8,6735	8,7516	26,0767	8,6922
T5	8,5884	8,6787	8,4918	25,7588	8,5863
T6	8,6058	8,8165	8,9972	26,4195	8,8065
T7	8,7596	8,8284	8,7178	26,3057	8,7686
T8	8,8284	8,9448	8,8386	26,6117	8,8706
T9	8,8436	8,8459	8,8142	26,5037	8,8346
T10	8,6977	8,5000	8,8679	26,0656	8,6885
T11	8,7092	8,7698	8,8617	26,3407	8,7802
T12	8,6701	8,8640	8,7943	26,3284	8,7761
SUMA	104,5036	105,3533	105,7975	315,6543	8,7682

Cuadro N°31

Adeva de la variable humedad en el pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,507345				
Tratamientos	11	0,229476	0,020861	1,8018 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,277870	0,011578			

$$CV= 1,2272$$

De acuerdo con el análisis de la varianza no se detectó significación estadística para la variable de Humedad (%) en el Pan, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de raíz cuadrada debido a que son datos porcentuales.

4.2.2. Cenizas del pan

Cuadro N°32
Cenizas del pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	1,5937	1,5843	1,6017	4,7797	1,5932
T2	1,5198	1,5000	1,5190	4,5388	1,5129
T3	1,4847	1,5588	1,5588	4,6024	1,5341
T4	1,5869	1,6063	1,5341	4,7272	1,5757
T5	1,6077	1,6283	1,6243	4,8604	1,6201
T6	1,7234	1,6279	1,5652	4,9165	1,6388
T7	1,6357	1,5937	1,6093	4,8388	1,6129
T8	1,4890	1,4832	1,4697	4,4420	1,4807
T9	1,4408	1,4663	1,4526	4,3596	1,4532
T10	1,3633	1,3675	1,3675	4,0982	1,3661
T11	1,4084	1,3905	1,3964	4,1954	1,3985
T12	1,4526	1,4668	1,4000	4,3194	1,4398
SUMA	18,3060	18,2737	18,0987	54,6784	1,5188

Cuadro N°33
Adeva de la variable cenizas del pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,301027				
Tratamientos	11	0,277173	0,025198	25,3515**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,023854	0,000994			

$$CV = 2,0757$$

De acuerdo con el análisis de la varianza se encontró alta diferenciación estadística para la variable de Cenizas en el Pan (%), por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes, por lo que se procede a realizar la prueba estadística de Tuckey, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de raíz cuadrada debido a que son datos porcentuales.

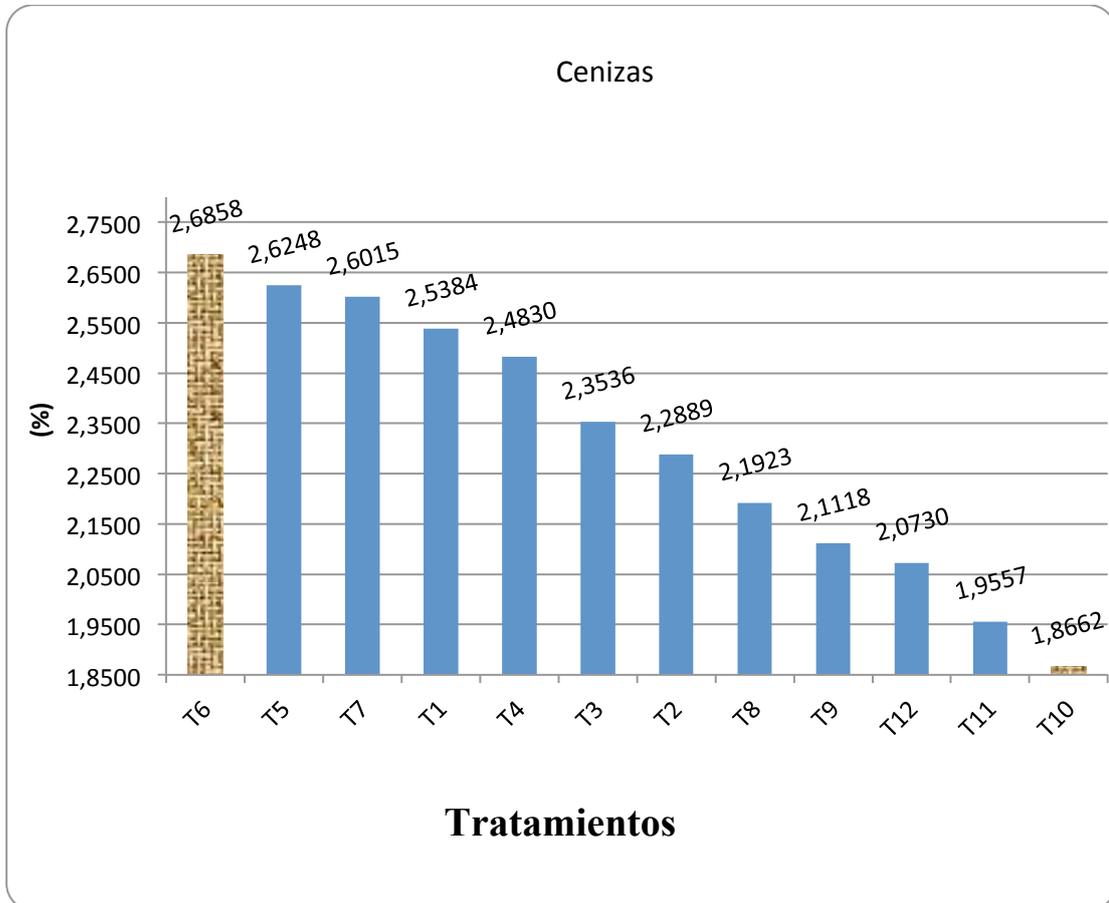
Cuadro N°34

Prueba de Tuckey para la variable cenizas del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T6	2,6858	a
T5	2,6248	b
T7	2,6015	c
T1	2,5384	c
T4	2,4830	c
T3	2,3536	c
T2	2,2889	c
T8	2,1923	c
T9	2,1118	c
T12	2,0730	c
T11	1,9557	c
T10	1,8662	c

Se ha observado que existen tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T6** (mezcla de harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada tostada 30%), en el segundo rango se encuentra el tratamiento **T5**; en el tercer rango se encuentran los tratamientos **T7, T1, T4, T3, T2, T8, T9, T12, T11, T10**.

Gráfico N°7
Cenizas en el pan (%)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos de la variable Cenizas del Pan, se ha observado que el tratamiento de mayor cantidad de cenizas posee es **T6** con un valor de 2,67% , al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral al 70% y cebada germinada tostada al 30% y el de menor porcentaje de humedad fue el tratamiento **T10** de 1,87% al que corresponde la mezcla de harina de trigo blanca 90% con harina de cebada germinada tostada 10%.

4.3.3. Extracto Etéreo del pan

Cuadro N°35

Extracto etéreo del pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	2,7603	2,6122	1,3748	6,7473	2,2491
T2	2,5982	2,8133	1,3229	6,7344	2,2448
T3	2,7063	3,0332	1,1576	6,8970	2,2990
T4	2,9267	2,8157	0,9695	6,7119	2,2373
T5	3,0173	2,9750	1,2610	7,2533	2,4178
T6	2,5990	2,5953	1,2247	6,4190	2,1397
T7	2,7397	3,3559	0,6403	6,7360	2,2453
T8	2,6757	2,6458	0,9110	6,2325	2,0775
T9	2,5979	2,8496	1,1269	6,5744	2,1915
T10	2,6371	2,6631	0,9220	6,2221	2,0740
T11	3,2336	2,9736	0,8718	7,0789	2,3596
T12	2,4725	2,6190	1,3191	6,4107	2,1369
SUMA	32,9643	33,9517	13,1016	80,0176	2,2227

Cuadro N°36

Adeva de la variable extracto etéreo del pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	24,699486				
Tratamientos	11	0,368828	0,033530	0,0331 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	24,330658	1,013777			

CV= 45,29

De acuerdo con el análisis de la varianza no se detectó significación estadística para la variable Extracto Etéreo en el Pan, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de raíz cuadrada debido a que son datos porcentuales.

4.3.4. Fibra Bruta del pan

Cuadro N°37

Fibra bruta del pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	1,3748	1,3675	1,3784	4,1207	1,3736
T2	1,3229	1,3379	1,3416	4,0024	1,3341
T3	1,1576	1,1619	1,1402	3,4597	1,1532
T4	0,9695	1,0247	1,0000	2,9942	0,9981
T5	1,2610	1,2649	1,2247	3,7506	1,2502
T6	1,2247	1,2247	1,2247	3,6742	1,2247
T7	0,6403	0,7071	0,4472	1,7946	0,5982
T8	0,9110	1,0488	0,9747	2,9345	0,9782
T9	1,1269	1,1402	1,0000	3,2671	1,0890
T10	0,9220	0,7746	0,9487	2,6452	0,8817
T11	0,8718	0,9110	0,8944	2,6773	0,8924
T12	1,3191	1,2649	1,0488	3,6328	1,2109
SUMA	13,1016	13,2283	12,6235	38,9534	1,0820

Cuadro N°38

Adeva de la variable fibra bruta del pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	1,760933				
Tratamientos	11	1,640732	0,149157	29,7818**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,120200	0,005008			

CV= 6,54

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de raíz cuadrada debido a que los datos eran porcentuales.

Cuadro N°39

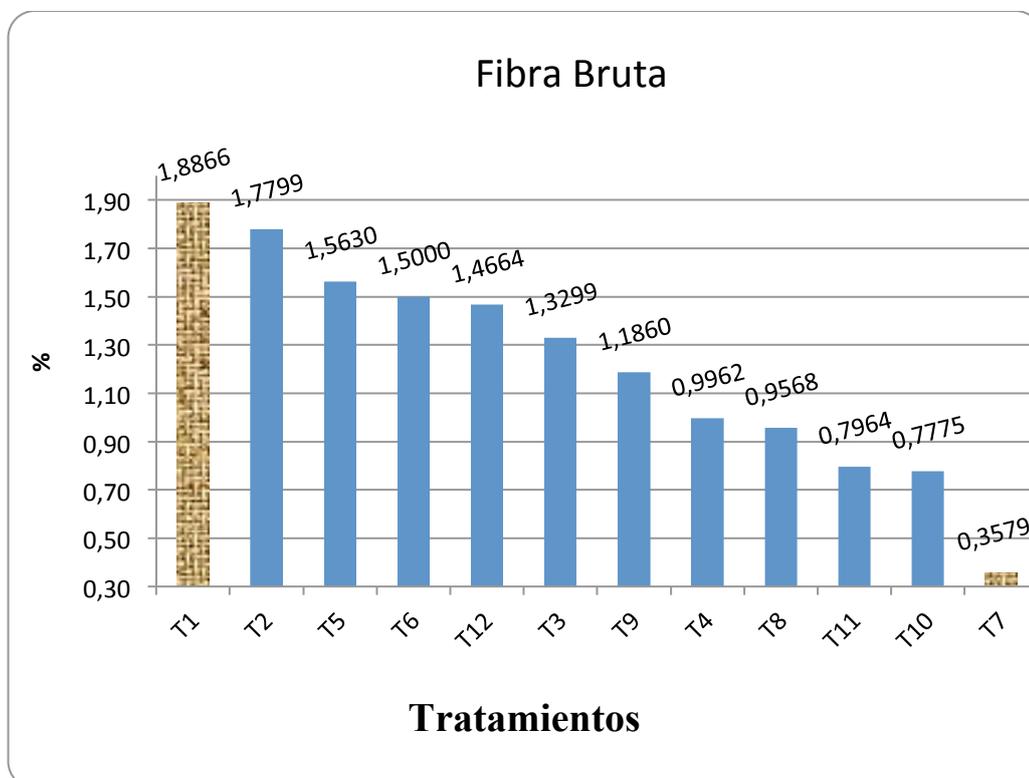
Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable fibra bruta del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1	1,8866	a
T2	1,7799	a
T5	1,5630	b
T6	1,5000	b
T12	1,4664	c
T3	1,3299	c
T9	1,1860	c
T4	0,9962	c
T8	0,9568	c
T11	0,7964	c
T10	0,7775	c
T7	0,3579	c

Se ha observado que existen tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T1** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T2** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T5** y **T6**, en el tercer rango se encuentran los tratamientos **T12, T3, T9, T4, T8, T11, T10, T7**.

Gráfica N° 8

Fibra bruta del pan (%)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos la fibra bruta del pan (%), se ha observado que el mejor tratamiento es **T1** posee una cantidad de 1,89% de fibra bruta con un valor mayor a los demás tratamientos, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral 90% y cebada germinada cruda 10% y el de menor cantidad de fibra bruta fue el tratamiento **T7** con un valor de 0,36% al que corresponde la mezcla de harina de trigo blanca 90% con harina de cebada germinada cruda 10%.

4.3.5. Proteína del pan

Cuadro N° 40
Proteína del pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	0,9986	1,0336	0,9199	2,9521	0,9840
T2	1,1122	1,0814	0,9621	3,1557	1,0519
T3	1,1729	1,0389	0,9938	3,2057	1,0686
T4	1,0930	1,0882	1,0693	3,2504	1,0835
T5	1,1007	1,0616	1,1756	3,3379	1,1126
T6	1,1210	1,0505	0,9453	3,1168	1,0389
T7	0,9627	1,0052	0,9532	2,9211	0,9737
T8	1,0738	0,9621	1,0481	3,0840	1,0280
T9	1,0729	1,0577	1,0297	3,1602	1,0534
T10	1,1595	1,2555	1,0213	3,4362	1,1454
T11	1,1461	0,9945	0,9913	3,1318	1,0439
T12	1,1323	1,0874	1,1123	3,3320	1,1107
SUMA	13,1457	12,7166	12,2219	38,0842	1,0579

Cuadro N° 41
Adeva de la variable proteína del pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,197852				
Tratamientos	11	0,084760	0,007705	1,6352 ^{NS}	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,113092	0,004712			

CV= 6,49

De acuerdo con el análisis de la varianza no se encontró diferencia estadística para la variable de proteína del pan (%), por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de logaritmo debido a que son datos porcentuales.

4.3.6. Carbohidratos totales del pan

Cuadro N° 42

Carbohidratos totales del pan (%)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	1,1397	1,1606	1,2143	3,5146	1,1715
T2	1,4047	1,3772	1,3797	4,1616	1,3872
T3	0,9569	1,0898	1,0303	3,0771	1,0257
T4	1,1435	1,1722	1,1824	3,4981	1,1660
T5	1,1848	1,1834	1,1911	3,5593	1,1864
T6	1,3194	1,2772	1,0235	3,6201	1,2067
T7	1,2898	1,3761	1,0814	3,7473	1,2491
T8	1,2542	1,2108	1,2440	3,7090	1,2363
T9	1,1467	1,1960	1,1719	3,5146	1,1715
T10	1,4034	0,9577	1,3769	3,7380	1,2460
T11	0,9329	0,9096	0,9366	2,7791	0,9264
T12	0,9187	0,9670	0,9437	2,8294	0,9431
SUMA	14,0948	13,8777	13,7758	41,7483	1,1597

Cuadro N° 43

Adeva de la variable carbohidratos totales del pan (%)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,825923				
Tratamientos	11	0,586819	0,053347	5,3547**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,239104	0,009963			

CV= 8,61

De acuerdo con el análisis de la varianza se encontró alta diferencia estadística para la variable de carbohidratos totales del pan (%), por lo que se procedió a realizar que todos los tratamientos son estadísticamente iguales, los datos fueron transformados utilizando la conversión con la fórmula de raíz cuadrada debido a que son datos porcentuales.

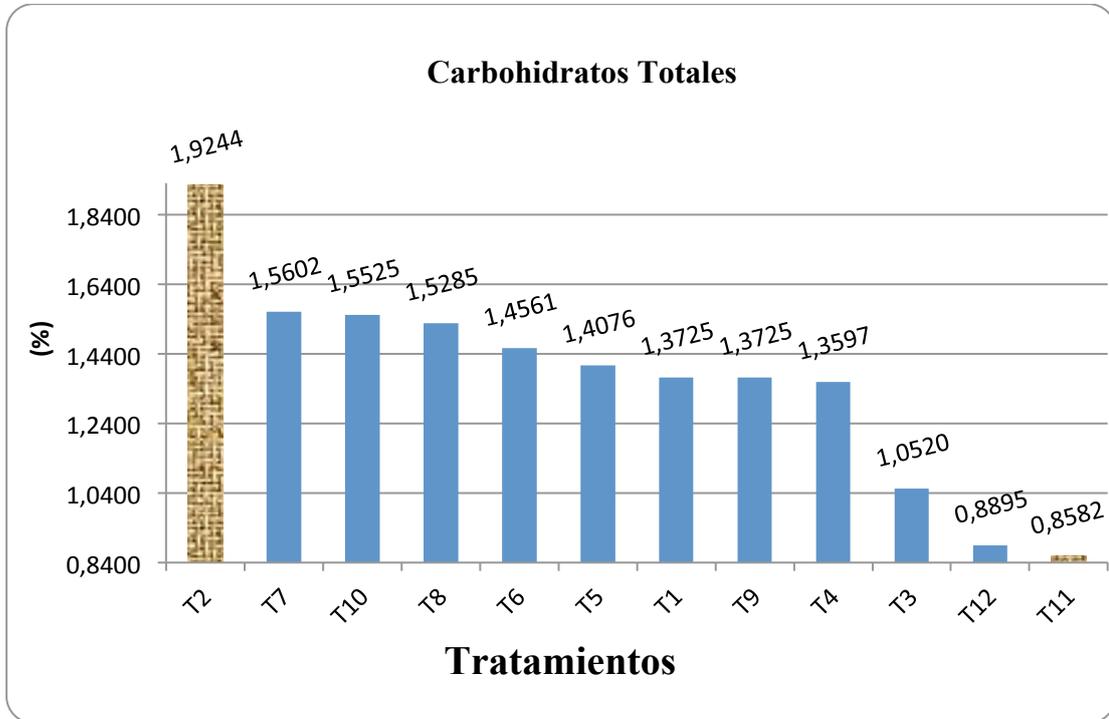
Cuadro N° 44

Prueba de Tuckey para los tratamientos de la variable carbohidratos totales del pan (%)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T2	1,9244	a
T7	1,5602	b
T10	1,5525	b
T8	1,5285	b
T6	1,4561	b
T5	1,4076	b
T1	1,3725	b
T9	1,3725	b
T4	1,3597	b
T3	1,0520	c
T12	0,8895	c
T11	0,8582	c

Se ha observado que existe tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T2** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T7, T10, T8, T6, T5, T1, T9, T4**; en el tercer rango se encuentran los tratamientos **T3, T12, T11**.

Gráfico N° 9
Carbohidratos totales del pan (%)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos los carbohidratos totales en el pan(%), se ha observado que el mejor tratamiento es **T2** posee una cantidad de 1,92% de carbohidratos totales con un valor mayor a los demás tratamientos, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral 80% y cebada germinada cruda 20% y el de menor cantidad de fibra bruta fue el tratamiento **T11** con un valor de 0,86% al que corresponde la mezcla de harina de trigo blanca 80% con harina de cebada germinada tostada 20%.

4.3.7. Peso final del pan

Cuadro N° 45
Peso final del pan (g)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	53,60	52,90	56,00	162,50	54,17
T2	51,30	49,40	51,80	152,50	50,83
T3	52,50	49,40	49,00	150,90	50,30
T4	54,00	55,20	53,90	163,10	54,37
T5	55,10	55,30	53,20	163,60	54,53
T6	53,10	52,10	51,30	156,50	52,17
T7	54,10	53,30	54,90	162,30	54,10
T8	55,20	54,10	55,00	164,30	54,77
T9	54,80	55,10	54,70	164,60	54,87
T10	54,70	55,00	55,20	164,90	54,97
T11	54,60	54,20	54,60	163,40	54,47
T12	53,70	50,80	53,70	158,20	52,73
SUMA	646,70	636,80	643,30	1926,80	53,52

Cuadro N° 46
Adeva de la variable peso final del pan (g)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	115,76				
Tratamientos	11	86,68	7,88	6,50**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	29,09	1,21			

CV= 2,06

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

Cuadro N° 47

Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso final del pan

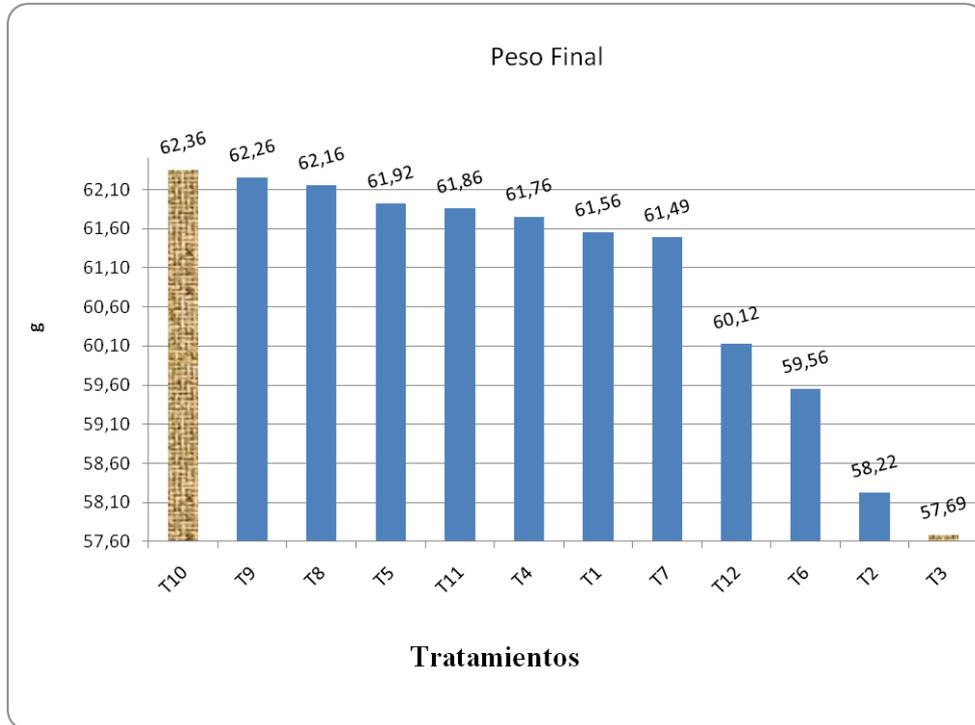
(g)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	62,36	a
T9	62,26	a
T8	62,16	a
T5	61,92	a
T11	61,86	a
T4	61,76	a
T1	61,56	a
T7	61,49	a
T12	60,12	a
T6	59,56	a
T2	58,22	b
T3	57,69	b

Se ha observado que existen dos rangos a y b con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T10** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T9** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada cruda 30%), **T8** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada cruda 20%), **T5** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T11** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T4** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T1** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T7** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T12** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada tostada 30%), **T6** (mezcla de harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada tostada 30%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T2**, **T3**.

Gráfica N° 10

Peso final del pan (g)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos del peso final del pan (g), se ha observado que el mejor tratamiento es **T10** con un peso de 62,36 g con mayor peso, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo blanca 90% y cebada germinada tostada 10% y el de menor peso fue el tratamiento **T3** con un valor de 57,69 g al que corresponde la mezcla de harina de trigo integral 70% con harina de cebada germinada cruda 30%.

4.3.8. Volumen específico del pan

Cuadro N° 48

Volumen específico del pan (ml)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	167	170	173	510,00	170,00
T2	147	146	145	438,00	146,00
T3	138	135	141	414,00	138,00
T4	158	152	155	465,00	155,00
T5	145	150	148	443,00	147,67
T6	145	152	150	447,00	149,00
T7	193	198	196	587,00	195,67
T8	189	192	190	571,00	190,33
T9	145	190	190	525,00	175,00
T10	199	190	194	583,00	194,33
T11	168	190	184	542,00	180,67
T12	143	188	186	517,00	172,33
SUMA	1937,00	2053,00	2052,00	6042,00	167,83

Cuadro N° 49

Adeva de la variable volumen específico del pan (ml)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	16605,00				
Tratamientos	11	13551,00	1231,91	9,68**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	3054,00	127,25			

$$CV = 6,72$$

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

Cuadro N° 59

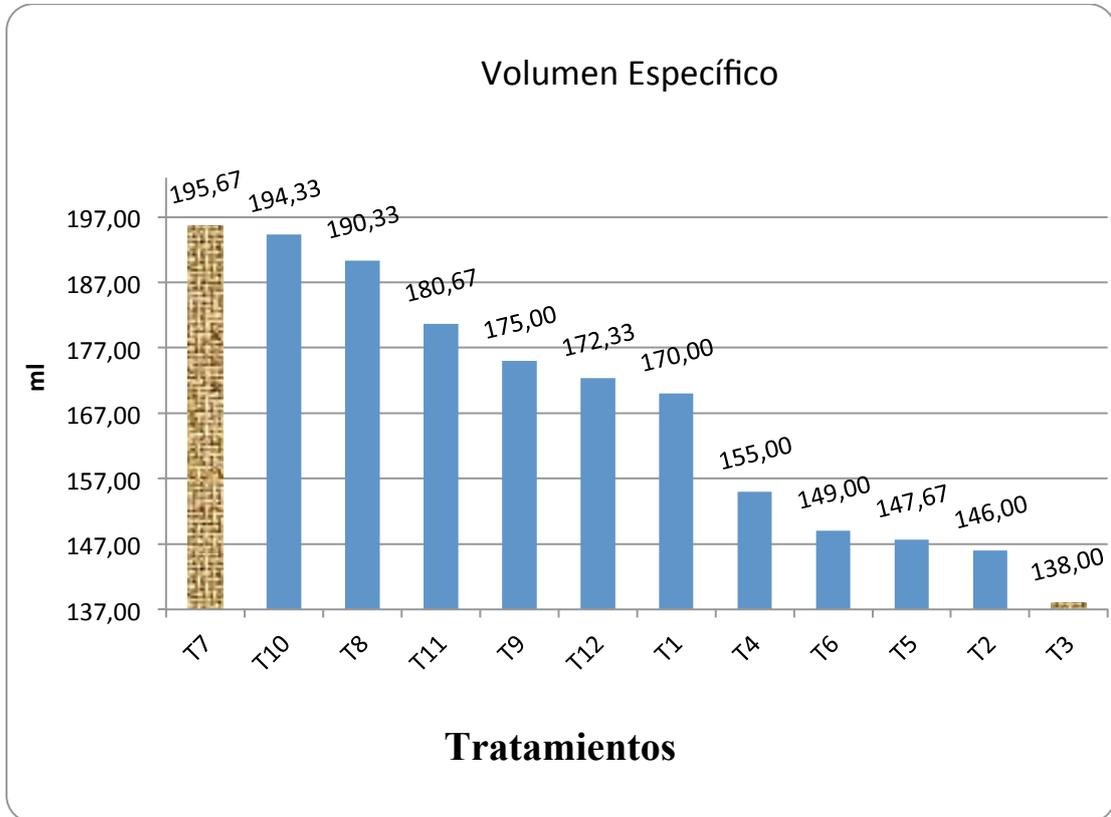
Prueba de tukey de la variable volumen específico del pan (ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T7	195,67	a
T10	194,33	a
T8	190,33	a
T11	180,67	a
T9	175,00	a
T12	172,33	a
T1	170,00	b
T4	155,00	b
T6	149,00	b
T5	147,67	b
T2	146,00	b
T3	138,00	c

Se ha observado que existen tres rangos a, b y c con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T7** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T10** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T8** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada cruda 20%), **T11** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T9** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada cruda 30%), **T12** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada tostada 30%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T1**, **T4**, **T6**, **T5**, **T2**; en el tercer rango se encuentra el tratamiento **T3**.

Gráfico N° 11

Volumen específico del pan (ml)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos del volumen específico del pan (ml), se ha observado que el mejor tratamiento es **T7** con un volumen de 195,67ml con mayor volumen específico, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral 70% y cebada germinada tostada 30% y el de menor volumen fue el tratamiento **T3** con un valor de 138ml al que corresponde la mezcla de harina de trigo integral 70% con harina de cebada germinada cruda 30%.

4.3.9. Peso específico del pan

Cuadro N° 51

Peso específico del pan (g/ml)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	0,32	0,31	0,32	0,96	0,32
T2	0,35	0,34	0,36	1,04	0,35
T3	0,38	0,37	0,35	1,09	0,36
T4	0,34	0,36	0,35	1,05	0,35
T5	0,38	0,37	0,36	1,11	0,37
T6	0,26	0,26	0,26	0,78	0,26
T7	0,28	0,27	0,28	0,83	0,28
T8	0,29	0,28	0,29	0,86	0,29
T9	0,30	0,29	0,29	0,87	0,29
T10	0,28	0,29	0,28	0,86	0,29
T11	0,29	0,29	0,30	0,87	0,29
T12	0,29	0,27	0,29	0,85	0,28
SUMA	3,77	3,70	3,72	11,18	0,31

Cuadro N° 52

Adeva de la variable peso específico del pan (g/ml)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	0,049				
Tratamientos	11	0,048	0,004	57,74**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	0,002	0,000			

CV= 2,79

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

Cuadro N° 53

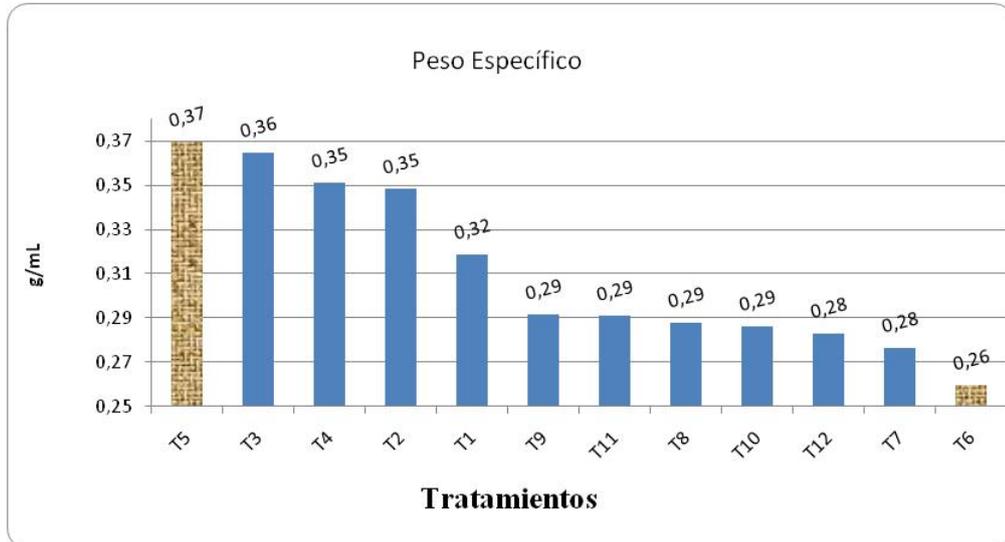
Prueba de Tuckey para tratamientos de la variable peso específico del pan (g/ml)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T5	0,37	a
T3	0,36	a
T4	0,35	a
T2	0,35	a
T1	0,32	b
T9	0,29	b
T11	0,29	b
T8	0,29	b
T10	0,29	b
T12	0,28	b
T7	0,28	b
T6	0,26	b

Se ha observado que existen dos rangos a y b con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T5** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T3** (mezcla de harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada cruda 30%), **T4** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T2** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T1**, **T9**, **T11**, **T8**, **T10**, **T2**, **T7**, **T6**.

Gráfico N° 12

Peso específico del pan (g/ml)



Se representa gráficamente lo tratado en la prueba estadística de Tuckey para tratamientos, al observar cómo se distribuyen en el plano cartesiano las medias de los tratamientos del peso específico del pan (g/ml), se ha observado que el mejor tratamiento es **T5** con un valor de 0,37 g/ml con mayor peso específico, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo integral 80% y cebada germinada tostada 20% y el de menor volumen fue el tratamiento **T6** con un valor de 0,26 g/ml al que corresponde la mezcla de harina de trigo integral 70% con harina de cebada germinada tostada 30%.

4.3.10. Rendimiento del pan

Cuadro N° 54

Rendimiento del pan (unidades)

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
T1	29	29	29	87	29,00
T2	29	29	30	88	29,33
T3	29	29	28	86	28,67
T4	27	28	27	82	27,33
T5	28	31	30	89	29,67
T6	28	28	28	84	28,00
T7	29	30	30	89	29,67
T8	30	29	30	89	29,67
T9	29	30	30	89	29,67
T10	30	30	30	90	30,00
T11	29	30	29	88	29,33
T12	29	30	29	88	29,33
SUMA	346	353	350	1049	29,14

Cuadro N° 55

Adeva de la variable rendimiento del pan (unidades)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	35	30,31				
Tratamientos	11	20,31	1,85	4,43**	3,09	2,22
ERROR EXP.	24	10,00	0,42			

CV= 2,22

De acuerdo con el análisis de la varianza se detectó alta significación, por lo que se realizó la prueba estadística de Tuckey para tratamientos.

Cuadro N° 56

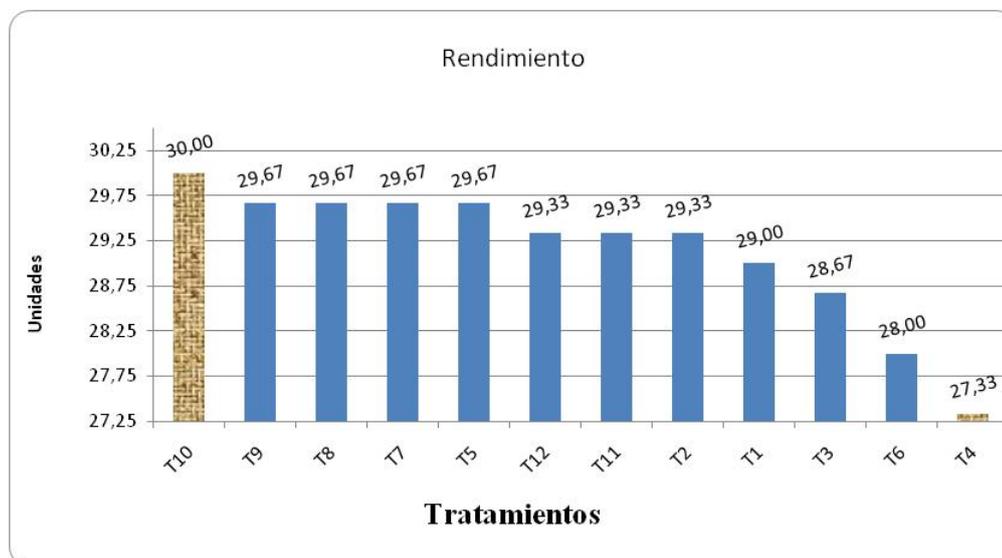
Prueba de Tukey de la variable rendimiento del pan (unidades)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T10	30,00	a
T9	29,67	a
T8	29,67	a
T7	29,67	a
T5	29,67	a
T12	29,33	a
T11	29,33	a
T2	29,33	a
T1	29,00	a
T3	28,67	a
T6	28,00	b
T4	27,33	b

Se ha observado que existen dos rangos a y b con un comportamiento diferente; en el primer rango se encuentran los tratamientos **T10** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada tostada 10%), **T9** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada cruda 30%), **T8** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada cruda 20%), **T7** (mezcla de harina de trigo blanca 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T5** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T12** (mezcla de harina de trigo blanca 70% y harina de cebada germinada tostada 30%), **T11** (mezcla de harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada tostada 20%), **T2** (mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%), **T1** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada cruda 10%), **T3** (mezcla de harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada cruda 30%); en el segundo rango se encuentran los tratamientos **T6**, **T4**.

Gráfico N° 13

Rendimiento del pan (unidades)



Al observar las medias de los tratamientos el rendimiento del pan en unidades se ha observado que los tratamientos **T10**, **T9**, **T8**, **T7**, **T5** poseen un valor máximo de rendimiento de 30 unidades de pan aproximadamente, al que corresponde la mezcla de harinas de trigo blanca al 90% y cebada germinada tostada al 10%, y de trigo blanca al 70% y cebada germinada cruda al 30%, harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada cruda 20%, harina de trigo 90% y harina de cebada germinada cruda 10%, harina de trigo integral 80% y harina de cebada tostada 20% respectivamente y el tratamiento de más bajo rendimiento es **T4** que corresponde a la mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada tostada 10%. Esto es debido a que en el proceso de leudado, el volumen de fermentación obtenido por las dos mezclas fue superior a las demás mezclas, por lo que influye directamente en el rendimiento en pan.

4.3.11. Pruebas organolépticas del pan

Para la ejecución de la prueba estadística de Friedman para las variables no paramétricas a medirse del Pan Integral se procedió a integrar en el estudio 2 testigos comerciales de semejantes características representados con la siguiente codificación:

Panificadora “San Francisco”: SF

Panificadora “Tío Sam”: TS

Degustador: D.

4.3.11.1 Aroma del pan

Cuadro N° 57
Variable aroma del pan

D.	Tratamiento														Total
	T1	T2	T3	T4	T5	SF	T6	T7	T8	T9	T10	TS	T11	T12	
1	11,5	4,5	4,5	11,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	11,5	11,5	11,5	4,5	11,5	105
2	7,5	7,5	13	13	7,5	2	13	7,5	2	7,5	7,5	7,5	2	7,5	105
3	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	105
4	10	10	10	10	3	10	3	3	10	10	3	3	10	10	105
5	12	12	12	5	12	5	5	5	5	5	5	5	12	5	105
6	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	3,5	3,5	10,5	3,5	3,5	3,5	10,5	3,5	105
7	10	3	10	10	10	3	10	10	10	3	3	3	10	10	105
8	10,5	10,5	10,5	10,5	4,5	10,5	10,5	4,5	4,5	4,5	10,5	1,5	1,5	10,5	105
9	11	4,5	4,5	11	11	1	11	11	4,5	4,5	4,5	11	11	4,5	105
10	12	2,5	12	12	7	2,5	7	7	7	12	12	2,5	7	2,5	105
Suma	102,5	72,5	94,5	101	77,5	56,5	75	63,5	65,5	69	68	56	76	72,5	1050
$\sum X^2$	10506	5256,25	8930,25	10201	6006	3192,25	5625	4032	4290	4761	4624	3136	5776	5256	81593,00
MEDIA	10,25	7,25	9,45	10,1	7,75	5,65	7,5	6,35	6,55	6,9	6,8	5,6	7,6	7,25	105

Cuadro N° 58

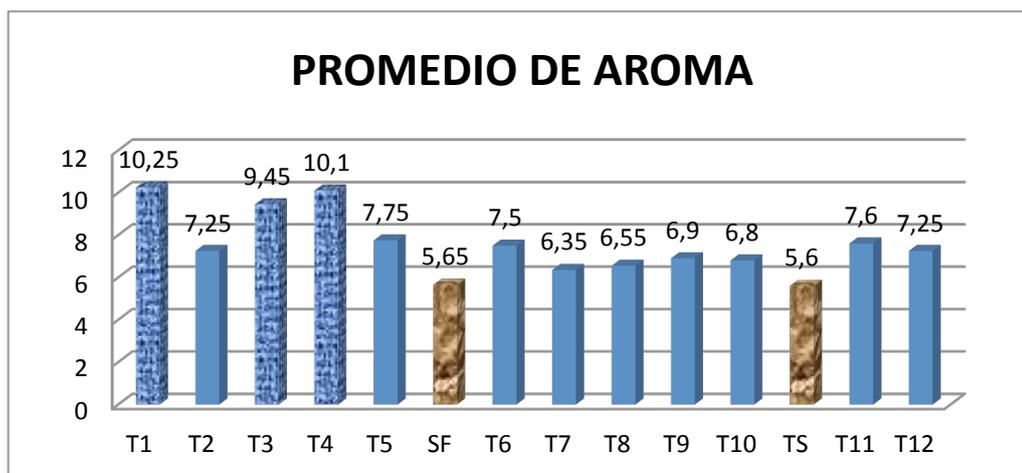
Prueba estadística de Friedman para la variable aroma del pan

	Valor Calculado X ²	Valor Tabular X ²		SING.
Variable	X ²	5%	1%	
Aroma	48,46	22,4	27,7	**

Conclusión:

De acuerdo con la aplicación de la prueba de Friedman a la variable no paramétrica de aroma del pan se encontró alta significación estadística por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente desiguales.

Gráfica N° 14



En la variable de aroma del pan se ha observado que los tratamientos **T1** (harina de trigo integral 90% y cebada germinada cruda 10%), **T4** (harina de trigo integral al 90% y cebada germinada tostada al 10%) y **T3** (harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada cruda 30%) poseen un aroma más agradable, el tratamiento de aroma desagradable corresponde al pan comercial testigo de las panificadoras “San Francisco” y “Tío Sam”.

4.3.11.2. Miga del pan

Cuadro N° 59
Variable miga del pan

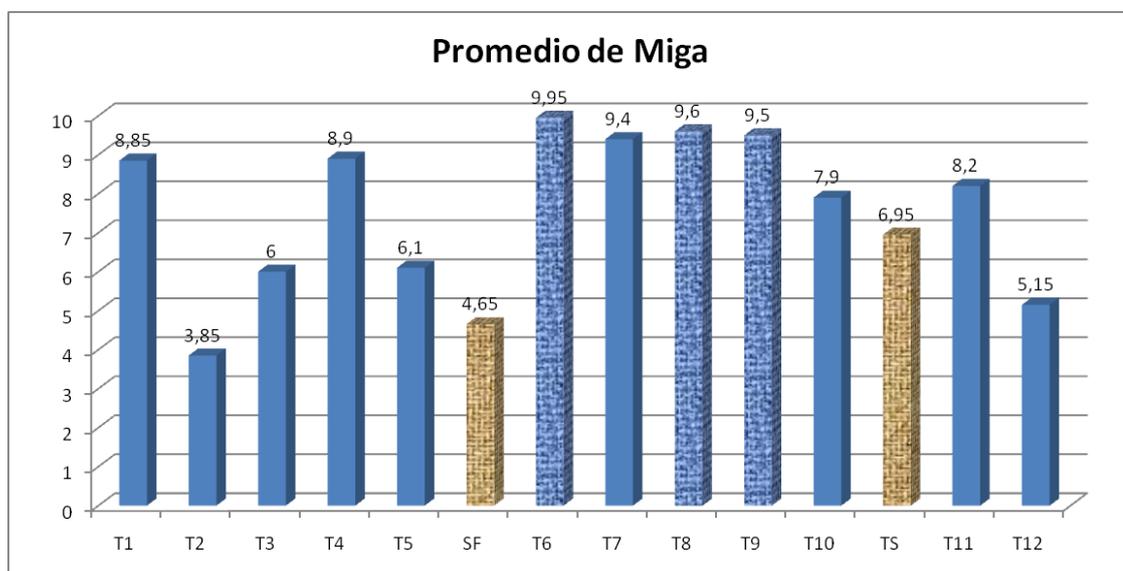
D.	Tratamiento														Total
	T1	T2	T3	T4	T5	SF	T6	T7	T8	T9	T10	TS	T11	T12	
1	6,5	2	6,5	12	6,5	2	6,5	12	12	12	6,5	12	2	6,5	105
2	10,5	3	3	3	3	3	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	6	105
3	10,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	3,5	105
4	7,5	7,5	7,5	13	2	2	7,5	7,5	13	13	7,5	2	7,5	7,5	105
5	7,5	7,5	7,5	7,5	12,5	12,5	7,5	12,5	2,5	7,5	2,5	2,5	12,5	2,5	105
6	11	4,5	11	11	11	4,5	11	4,5	11	4,5	4,5	1	11	4,5	105
7	9,5	2,5	2,5	2,5	9,5	2,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	105
8	6	2,5	2,5	11	2,5	6	11	11	11	11	11	11	2,5	6	105
9	6,5	1,5	6,5	12,5	6,5	6,5	12,5	6,5	6,5	12,5	12,5	6,5	6,5	1,5	105
10	13	4	9,5	13	4	4	13	9,5	9,5	4	4	4	9,5	4	105
Suma	88,5	38,5	60	89	61	46,5	99,5	94	96	95	79	69,5	82	51,5	1050
$\sum X^2$	7832	1482	3600	7921	3721	2162	9900	8836	9216	9025	6241	4830	6724	2652	84143,5
MEDIA	8,85	3,85	6	8,9	6,1	4,65	9,95	9,4	9,6	9,5	7,9	6,95	8,2	5,15	105

Cuadro N° 60
Prueba estadística de Friedman para la variable miga del pan

	Valor Calculado X ²	Valor Tabular X ²		SING.
Variable	X ²	5%	1%	
Aroma	30,82	22,4	27,7	**

De acuerdo con la aplicación de la prueba de Friedman a la variable no paramétrica de miga del pan se encontró una alta diferenciación estadística por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes.

Gráfica N° 15



Al observar las medias de los tratamientos la miga del pan se ha observado que los tratamientos **T6** (mezcla harina de trigo integral 70% y harina de cebada germinada tostada 30%), **T8** (mezcla harina de trigo blanca 80% con harina de cebada germinada cruda 20%), **T9** (mezcla de harina de trigo blanca 70% con harina de cebada germinada cruda 30%), resultaron ser los tratamientos que presentaron miga uniforme y elástica, mientras que el tratamiento de miga desmenuzable fue el **T2** (mezcla de harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada tostada 10%).

4.3.11.3. Corteza del pan

Cuadro N° 61

Variable corteza del pan

D.	Tratamiento														
	T1	T2	T3	T4	T5	SF	T6	T7	T8	T9	T10	TS	T11	T12	Total
1	5,5	11,5	1,5	5,5	1,5	11,5	5,5	11,5	11,5	11,5	5,5	11,5	5,5	5,5	105
2	6	13	6	6	6	13	6	6	6	6	6	6	13	6	105
3	6,5	13,5	6,5	6,5	6,5	13,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	105
4	13,5	13,5	8,5	8,5	8,5	8,5	2,5	2,5	8,5	2,5	8,5	8,5	8,5	2,5	105
5	4	11	11	4	4	11	4	4	11	4	11	11	11	4	105
6	7	7	13	7	13	7	7	7	1,5	1,5	7	7	13	7	105
7	1,5	7,5	13,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	1,5	7,5	13,5	7,5	7,5	105
8	8,5	8,5	8,5	2,5	13,5	13,5	2,5	8,5	8,5	2,5	8,5	8,5	8,5	2,5	105
9	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	3,5	10,5	3,5	3,5	3,5	3,5	10,5	3,5	105
10	10	13	10	10	4,5	13	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	13	4,5	105
Suma	73	109	89	68	75,5	109	49,5	68,5	69	44	68,5	80,5	97	49,5	1050
$\sum X^2$	5329	11881	7921	4624	5700	11881	2450	4692	4761	1936	4692	6480	9409	2450	84207,5
MEDIA	7,3	10,9	8,9	6,8	7,55	10,9	4,95	6,85	6,9	4,4	6,85	8,05	9,7	4,95	105

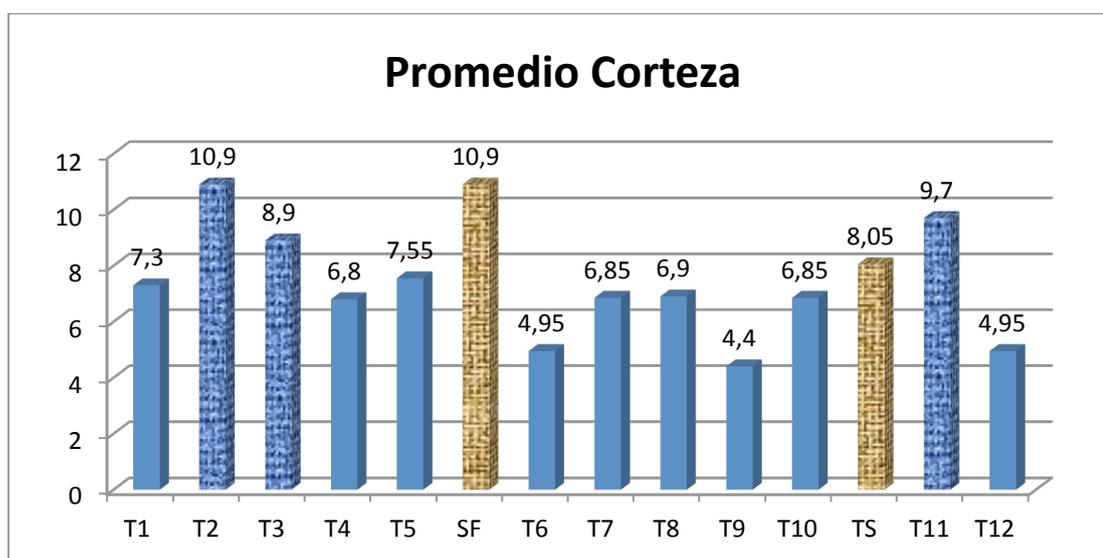
Cuadro N°62

Prueba estadística de Friedman para la variable corteza del pan

	Valor Calculado X ²	Valor Tabular X ²		SING.
Variable	X ²	5%	1%	
Corteza	31,19	22,4	27,7	**

De acuerdo con la aplicación de la prueba de Friedman a la variable no paramétrica de corteza del pan se encontró una alta diferenciación estadística por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes.

Gráfica N°16



Al observar las medias de los tratamientos la corteza del pan se ha observado que los tratamientos **T2** (harina de trigo integral 80% y cebada germinada cruda 20%) posee una corteza similar al pan comercial de la panificadora “San Francisco” **SF**; **T11** (harina de trigo blanca 80% y harina de cebada germinada tostada 20%) superó al testigo comercial de la panificadora “Tío Sam” **TS**, todos éstos presentaron una corteza firme y agradable, por lo que se infiere que se encuentra a la par en crujencia tanto el pan de experimentación comparado con el testigo comercial.

4.3.11.4. Sabor del pan

Cuadro N°63
Variable sabor del pan

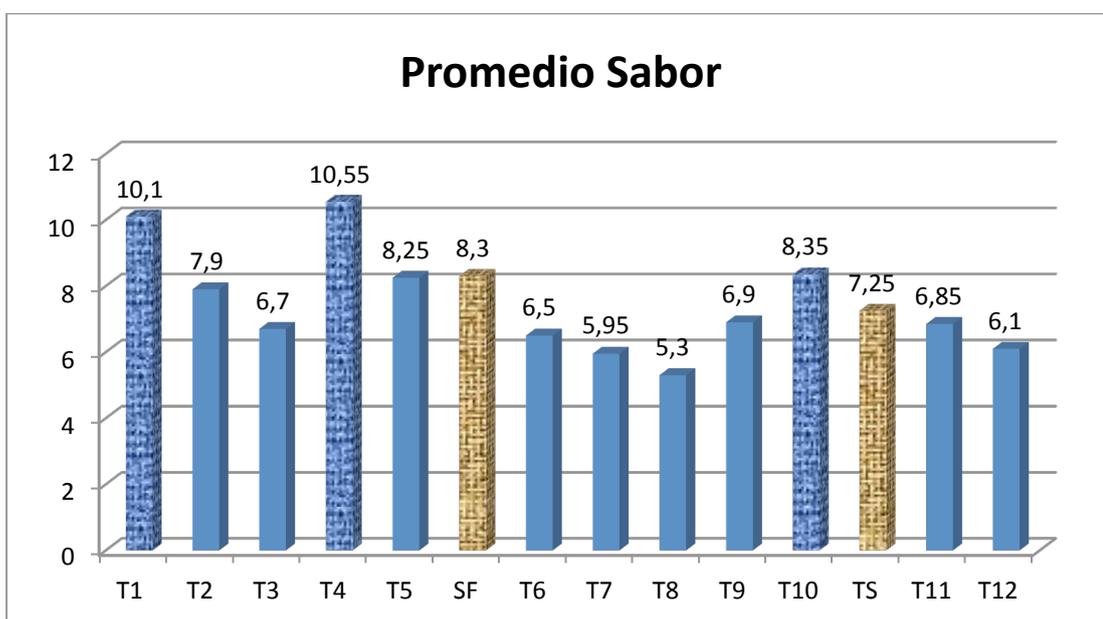
D.	Tratamiento														Total
	T1	T2	T3	T4	T5	SF	T6	T7	T8	T9	T10	TS	T11	T12	
1	11	11	11	11	4	4	4	4	4	11	11	11	4	4	105
2	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	5,5	11,5	5,5	5,5	5,5	1,5	5,5	1,5	5,5	105
3	10,5	4	4	10,5	10,5	10,5	4	10,5	10,5	4	10,5	4	10,5	1	105
4	12	12	6	6	6	12	6	6	6	6	12	1,5	1,5	12	105
5	9,5	9,5	3,5	9,5	9,5	9,5	1,5	9,5	1,5	3,5	9,5	9,5	9,5	9,5	105
6	10	10	10	10	10	10	3	3	10	3	3	10	10	3	105
7	7	7	7	13	13	7	13	1,5	1,5	7	7	7	7	7	105
8	8,5	8,5	8,5	8,5	2	8,5	1	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	105
9	12,5	2,5	2,5	12,5	7,5	7,5	12,5	2,5	2,5	7,5	7,5	12,5	7,5	7,5	105
10	8,5	3	3	13	8,5	8,5	8,5	8,5	3	13	13	3	8,5	3	105
Suma	101	79	67	105,5	82,5	83	65	59,5	53	69	83,5	72,5	68,5	61	1050
$\sum X^2$	10201	6241	4489	11130	6806	6889	4225	3540	2809	4761	6972	5256	4692	3721	81734
MEDIA	10,1	7,9	6,7	10,55	8,25	8,3	6,5	5,95	5,3	6,9	8,35	7,25	6,85	6,1	105

Cuadro N°64
Prueba estadística de Friedman para la variable sabor del pan

Variable	Valor Calculado X ²	Valor Tabular X ²		SING.
	X ²	5%	1%	
Aroma	23,08	22,4	27,7	*

De acuerdo con la aplicación de la prueba de Friedman a la variable no paramétrica de sabor del pan se encontró diferenciación estadística por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente desiguales.

Gráfico N°17



Al observar las medias de los tratamientos del sabor del pan se ha observado que los tratamientos **T4** (harina de trigo integral 90% y cebada germinada tostada 10%), **T1** (harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada 10%) fueron los más agradables que superaron al sabor del pan comercial de las panificadoras “Tío Sam” y “San Francisco.

4.3.11.5. Aceptabilidad del pan

Cuadro N°65

Variable aceptabilidad del pan

D	Tratamiento														Total
	T1	T2	T3	T4	T5	SF	T6	T7	T8	T9	T10	TS	T11	T12	
1	12	5,5	12	5,5	5,5	1	5,5	5,5	5,5	12	12	12	5,5	5,5	105
2	12	12	12	12	12	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	1	5,5	5,5	5,5	105
3	10,5	10,5	10,5	3,5	3,5	10,5	3,5	10,5	3,5	3,5	10,5	3,5	10,5	10,5	105
4	12,5	12,5	5,5	5,5	5,5	12,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	12,5	105
5	10,5	10,5	3,5	10,5	3,5	10,5	3,5	3,5	10,5	10,5	10,5	3,5	10,5	3,5	105
6	3,5	10,5	3,5	10,5	10,5	10,5	3,5	3,5	10,5	3,5	3,5	10,5	10,5	10,5	105
7	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	2,5	9,5	9,5	9,5	2,5	2,5	2,5	9,5	9,5	105
8	3	10	3	10	3	10	10	10	10	10	3	10	10	3	105
9	11,5	11,5	5,5	11,5	5,5	1,5	11,5	11,5	1,5	5,5	5,5	11,5	5,5	5,5	105
10	12	12	7	12	7	2,5	7	7	2,5	12	12	2,5	7	2,5	105
Suma	97	104,5	72	90,5	65,5	67	65	72	64,5	70,5	66	67	80	68,5	1050
$\sum X^2$	9409	10920,3	5184	8190,3	4290,3	4489	4225	5184	4160	4970	4356	4489	6400	4692	80959,5
MEDIA	9,7	10,45	7,2	9,05	6,55	6,7	6,5	7,2	6,45	7,05	6,6	6,7	8	6,85	105

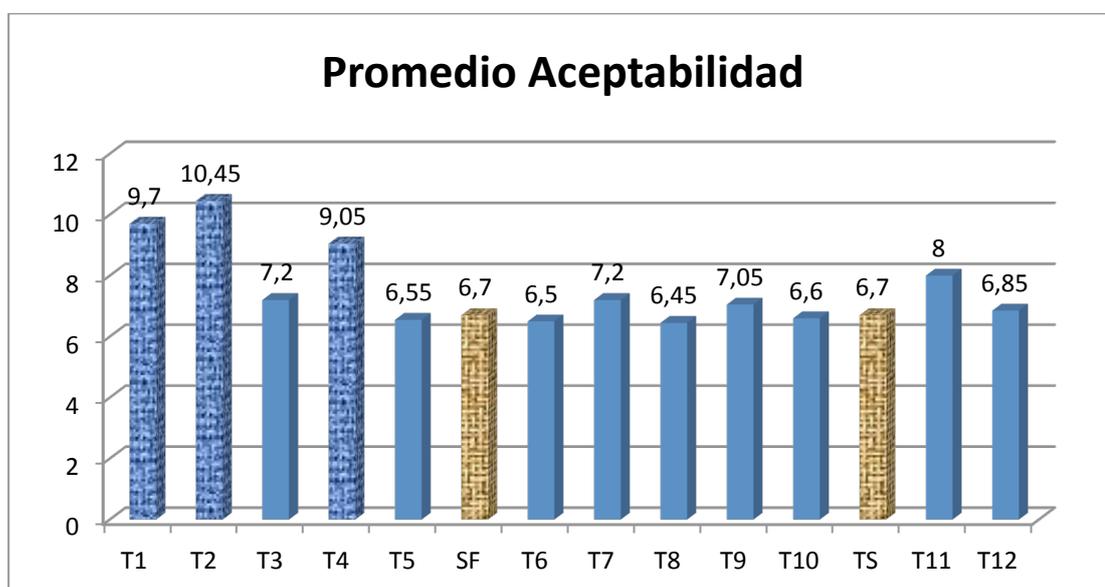
Cuadro N°66

Prueba estadística de Friedman para la variable aceptabilidad del pan

Variable	Valor Calculado X ²	Valor Tabular X ²		SING.
	X ²	5%	1%	
Aroma	27,05	22,4	27,7	*

De acuerdo con la aplicación de la prueba de Friedman a la variable no paramétrica de aceptabilidad del pan se encontró diferenciación estadística por lo que se infiere que todos los tratamientos son estadísticamente desiguales.

Gráfico N°18



Al observar las medias de los tratamientos de la aceptabilidad del pan se ha observado que los tratamientos **T2** (harina de trigo integral 80% y cebada germinada cruda 20%), **T1** (harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada cruda 10%) y **T4** (harina de trigo integral 90% y harina de cebada germinada tostada 10%); cabe recalcar que el grado de aceptabilidad de estos tratamientos supera significativamente a los testigos comerciales.

4.4 MEJOR TRATAMIENTO, T2

4.4.1 Cuadro nutricional y análisis microbiológico del mejor tratamiento (T2) y los dos testigos comerciales.

Cuadro N°67

Cuadro nutricional y análisis microbiológico del mejor tratamiento

Parámetro Solicitado	Unidades	Resultados			Metodología
		PAN T2	PAN INTEGRAL - PANIFICADORA TÍO SAM	PAN INTEGRAL - PANIFICADORA SAN FRANCISCO	
Proteína	%	11,39	6,49	5,05	AOAC 960.52
Cenizas	%	2,29	2,01	3,66	AOAC 920.153
Contenido de Humedad	%	76,95	75,59	74,08	AOAC 926.08
Extracto Etéreo	%	7,44	15,14	16,43	AOAC 968.20
Fibra	%	1,78	0,98	1,09	AOAC 945.18
Carbohidratos Totales	%	1,92	0,77	0,78	Cálculo
Potasio	mg/100 g	20,07	18,54	18,48	Abs. Atómica
Hierro	mg/100 g	0,22	0,2	0,19	
Rcto. Total	UFC/g	520	-	-	AOAC 990.12
Rcto. Mohos	UFC/g	130	-	-	AOAC 997.02
Rcto. Levaduras	UFC/g	10	-	-	AOAC 997.02

Al no existir estándares dentro de la normativa INEN para el tipo de pan integral ni para el común dentro de la calidad nutricional, fue necesario comparar el mejor tratamiento junto con los testigos comerciales que presentaron similares características pero diferente calidad nutricional, en el que se puede demostrar que el proceso previo de germinación influyo en la potencialización de la calidad nutricional (alto porcentaje proteico, fibra, potasio y bajo porcentaje de extracto etéreo) del pan integral con la mezcla ti80cc20.

4.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TIPO DE PAN

Cuadro N°68

Costos de producción de la mezcla 1

(Harina de trigo blanca o integral 90% con harina de cebada germinada cruda 10%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,90	0,77	0,69
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,10	0,66	0,07
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,89
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz	Kw/h		0,4	0,4
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				4,66
TOTAL				6,55
<p>Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias</p> <p>Costo Unitario = (1,89 x 4,66) / 84</p> <p>Costo Unitario = 0,10</p>				

Cuadro N°69

Costos de producción de la mezcla 2

(Harina de trigo blanca o integral 80% con harina de cebada germinada cruda 20%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	kg	0,80	0,77	0,62
Harina de Cebada Germinada	kg	0,20	0,66	0,13
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	ml	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
COSTO DIRECTO				1,88
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz	kw/h		0,4	0,4
Agua	m ³ /h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
COSTOS INDIRECTOS				4,66
TOTAL				6,54

Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias

$$\text{Costo Unitario} = (1,88 \times 4,66) / 84$$

$$\text{Costo Unitario} = 0,10$$

Cuadro N°70

Costos de producción de la mezcla 3

(Harina de trigo blanca o integral 70% con harina de cebada germinada cruda 30%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,70	0,77	0,54
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,30	0,66	0,20
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,87
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz	Kw/h		0,4	0,4
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				4,66
TOTAL				6,53
<p>Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias</p> <p>Costo Unitario = (1,87 x 4,66) / 83</p> <p>Costo Unitario = 0,10</p>				

Cuadro N°71

Costos de producción de la mezcla 4

(Harina de trigo blanca o integral 90% con harina de cebada germinada tostada 10%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,90	0,77	0,69
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,10	0,66	0,07
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,89
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz (procesado + secado + molienda)	Kw/h		1,2	1,2
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				5,46
TOTAL				7,35
Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias				
Costo Unitario = (1,89 x 5,46) / 84				
Costo Unitario = 0,12				

Cuadro N°72

Costos de producción de la mezcla 5

(Harina de trigo blanca o integral 80% con harina de cebada germinada tostada 20%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,80	0,77	0,62
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,20	0,66	0,13
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,88
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz (procesado + secado + molienda)	Kw/h		1,2	1,2
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				5,46
TOTAL				7,34
<p>Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias</p> <p>Costo Unitario = (1,88 x 5,46) / 84</p> <p>Costo Unitario = 0,12</p>				

Cuadro N°73

Costos de producción de la mezcla 6

(Harina de trigo blanca o integral 70% con harina de cebada germinada tostada 30%)

Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Harina de Trigo	Kg	0,70	0,77	0,54
Harina de Cebada Germinada	Kg	0,30	0,66	0,20
Grasa	g	100,00	0,003	0,32
Levadura	g	30,00	0,004	0,11
Sal	g	20,00	0,000	0,01
Azúcar	g	100,00	0,001	0,06
Agua	mL	400,00	0,001	0,4
Huevos	unidad	2,00	0,120	0,24
Costo Directo				1,87
Detalle	Unidad	Consumo	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Luz (procesado + secado + molienda)	Kw/h		1,2	1,2
Agua	m3/h		0,5	0,5
Mano de Obra	Sueldo básico		2,67	2,67
Transporte			1	1
Gas	\$ 0,18 /kg		0,09	0,09
Costos Indirectos				5,46
TOTAL				7,33
<p>Costo Unitario = (Costos directos x costos indirectos) / Unidades Producidas diarias</p> <p>Costo Unitario = (1,87 x 5,46) / 84</p> <p>Costo Unitario = 0,12</p>				

Nota: el precio del quintal de harina de trigo blanca e integral se mantiene en el mismo valor \$33.00.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Luego de concluido el proyecto de investigación sobre **“ELABORACIÓN DE PAN INTEGRAL A PARTIR DE LA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum spp.*) CON HARINA DE CEBADA GERMINADA (*Hordeum Vulgare*) CRUDA Y TOSTADA”**, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ❖ Comprobación de la hipótesis alternativa (H_i), a través del análisis estadístico pormenorizado del comportamiento de cada una de las variables paramétricas y no paramétricas del pan integral. El tipo y porcentaje de harina de cebada germinada cruda y tostada influyó en la calidad nutricional y organoléptica del pan integral.
- ❖ El desarrollo de esta investigación permitió demostrar la posibilidad de la elaboración de pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo con harina de cebada germinada tanto cruda como tostada y la gran aceptabilidad de los degustadores.

- ❖ La cebada tostada es mucho más fácil en la molturación y su granulometría es muy fina a comparación con la cebada cruda, además posee un color, olor más atractivo y agradable característico de la máchica.
- ❖ Las características de las harinas de cebada germinada cruda y tostada según el análisis en el Farinógrafo nos demuestra su poca capacidad de absorción de agua, por lo que es una harina poco panificable si se la utiliza en una fórmula de pan en un porcentaje completo del 100%.
- ❖ Entre la harina de cebada germinada cruda y tostada, difiere su calidad nutricional, la harina de cebada germinada tostada supera en centésimas a las características de la harina de cebada germinada cruda, por lo que se infiere que poseen similar calidad nutricional, teniendo una mayor aceptabilidad la harina de cebada tostada por su color, olor y el poco porcentaje de humedad que ésta posee; característica que a larga su vida útil.
- ❖ La harina de cebada es muy baja en contenido de gluten en comparación con la harina de trigo, por lo que no es recomendable para la elaboración en pan, pero sí se la puede utilizar como un sustituto en bajas cantidades de la harina de trigo para potencializar su contenido nutricional.
- ❖ El contenido de fibra bruta y proteína en la harina de cebada germinada cruda y tostada es muy alto, esto es debido a la germinación previa a la elaboración de harina, recalando la importancia de este pre-tratamiento al grano en el que se potencializa nutricionalmente su calidad.
- ❖ En cuanto a la aceptabilidad y uso, la harina de mayor consumo en el mercado tradicional es de la harina de cebada tostada debido a que posee menor porcentaje de humedad, lo que incrementa su vida útil, mientras que la cebada también es

consumida en cruda pero como arroz de cebada, que corresponde a una molturación de media del grano, el mismo que es para consumo en sopas.

- ❖ En lo que concierne al porcentaje adecuado de harina de cebada germinada tostada que debe ir en la mezcla, se pudo determinar que ésta varía entre 10% y 20%, por cuanto el porcentaje es bajo ya que si excede a un 30% de sustitución por la harina de trigo sea tanto integral como blanca, esta posee la poca capacidad de absorción de agua que dificulta el proceso panificable.
- ❖ La mezcla de mayor aceptación y de mejor calidad nutricional fue el T2 que corresponde a la mezcla de harina de trigo integral 80% y harina de cebada germinada cruda 20%.
- ❖ En el análisis realizado en cuanto a la cantidad de humedad en la masa, cantidad de extracto etéreo e incremento de volumen de fermentación, se determinó que todos los tratamientos son iguales, es decir que todas las masas de las distintas mezclas de harina poseen las mismas características iniciales previas al procesamiento del pan.
- ❖ La capacidad de absorción de agua en la harina, se determinó que las mezclas de harina de trigo integral y harina de cebada germinada cruda y tostada, absorben más cantidad de agua debido a la poca capacidad de absorción de agua de la harina de cebada germinada tanto cruda como tostada; en la investigación se obtuvo que el tratamiento **T1** correspondiente posee 71% de capacidad de absorción de agua.
- ❖ En el análisis realizado en cuanto al volumen específico de la masa, se determinó que las masas correspondientes a las mezclas de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada sea cruda como tostada poseen mayor volumen específico

comparado con las mezclas realizadas con harina de trigo integral, esto se debe a la dureza de la harina que hace que el volumen no incremente tanto, en la investigación se obtuvo que el tratamiento **T10** correspondiente.

- ❖ En el análisis realizado en cuanto a la cantidad de humedad, cantidad de extracto etéreo y cantidad de proteína en el pan, se determinó que todos los tratamientos son iguales, es decir que en el proceso de horneado las características no cambian de las distintas mezclas de harina.
- ❖ En el análisis realizado en cuanto a la cantidad de cenizas en el pan, se determinó que la mezcla **T6** posee la mayor cantidad porcentual de cenizas 2,67% y el de menor cantidad fue **T10** con 1,87%.
- ❖ La cantidad de fibra bruta en el pan fue diferente en todos los tratamientos, se determinó que el tratamiento **T1** posee 1,89% siendo el de mayor cantidad de fibra bruta a comparación del de menor cantidad que fue el **T7**.
- ❖ La cantidad de carbohidratos totales en el pan fue diferente en cada una de las mezclas, se determinó que el tratamiento **T2** posee 1,92% de carbohidratos totales siendo el de mayor porcentaje a comparación del de menor cantidad como fue **T11** con 0,86%.
- ❖ En la presente investigación se obtuvo que el peso final del pan bordeó entre 62 g y 60 g, siendo los panes resultados de las mezclas de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda los de mayor peso, como **T10** el de mayor peso con 62,36 g y el de menor peso fue **T3** con 57,7 g.

- ❖ El volumen específico del pan, se determinó que entre 200 ml y 170 ml se encuentran los panes resultado de las mezclas de harina de trigo blanca con harina de cebada germinada cruda y tostada, cabe destacar que el que posee mayor volumen es **T7** con 195,67 ml a comparación del menor que fue el **T3** con 138 ml.
- ❖ El Peso específico del pan, se obtuvo que los valores no difieren mucho éstos se encuentran entre 0,35 g/ml y 0,26 g/ml, siendo **T5** posee el mayor peso específico con 0,35 g/ml.
- ❖ Dentro del mejor rendimiento en pan de las mezclas realizadas, la mejor fue **T10** **T9**, **T8**, con un rendimiento de 30 panes por cada kg de harina mezcla correspondientes a las mezclas realizadas con harina de trigo blanca y harina de cebada germinada cruda y tostada, siendo los que presentó mayor rendimiento, mientras que las mezclas realizadas con harina de trigo integral el rendimiento bordeaba cerca de los 27 panes por kg de harina mezcla.
- ❖ En las pruebas organolépticas el pan que presentó mayor puntaje en los cinco parámetros fueron los tratamientos **T1**, **T2** con una aceptabilidad aproximada de 9,05% y con un alto nivel de agradable aroma y sabor, que superan significativamente a la calificación de los panes comerciales de las panificadoras “San Francisco” **SF** y “Tío Sam” **TS**.
- ❖ Cabe recalcar que nutricionalmente hablando el pan elaborado sobrepasa los niveles de proteína, fibra bruta que poseen los panes comerciales y posee niveles bajos de grasa.
- ❖ En cuanto a los costos de producción varían dependiendo de la formulación aplicada y las mezclas entre harina de trigo integral o blanca con harina de cebada

germinada cruda o tostada. Al utilizar harina de trigo integral o blanca no influye directamente en el costo ya que el quintal de cualquiera de las dos fue del mismo precio, mientras que la harina de cebada germinada tostada se invirtió en un proceso posterior de tostado por lo que el costo de unidad de pan fue de 12 centavos de dólar, a diferencia de la mezcla con harina de cebada germinada cruda fue de 10 centavos.

- ❖ Se puede concluir además que la mezcla de 70% de harina de trigo integral o blanca con harina de cebada germinada cruda o tostada fue de un rendimiento menor en una unidad a comparación de las otros porcentajes de sustitución como 90 – 10 ó 80 – 20.

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se debe tomar muy en cuenta que para una mejor molturación del grano de cebada es necesario que este haya tenido un previo tostado para que garantice una granulometría más fina, mientras que si el grano está crudo tan solo se puede triturar parcialmente; para lo que siempre ha sido industrializado como arroz de cebada con fines gastronómicos.
- ❖ Se recomienda que al momento de la preparación de las masas es necesario tomar en cuenta las cantidades a utilizar de levadura y también el tipo de dureza de la harina que se utilizará.
- ❖ Se recomienda que en el caso de que se realice en secuencia el procesamiento panificable, se deben trabajar primero las masas que poseen en su formulación harinas integrales ya que tomarán más tiempo de leudado, ya que no posee una alta biodisponibilidad para que las enzimas actúen en un tiempo igual al del trabajo panificable con harinas suaves o refinadas.
- ❖ Si se trabaja el horneado en un horno eléctrico con controlador de tiempo y temperatura, el tiempo recomendado es de 25 minutos y la temperatura será de 155°C.
- ❖ Se recomienda activar previamente la levadura en 100 ml de agua a 21°C con 2 g de azúcar.
- ❖ Se recomienda tener las condiciones higiénicas y apropiadas en la elaboración de la harina de cebada germinada, desde la misma recepción de la cebada como materia prima, selección y su respectiva desinfección.

- ❖ Se recomienda ahondar en este tema con futuras investigaciones en procesos germinativos, ya que potencializan la calidad nutricional de los cereales, insertándose en el campo del procesamiento de alimentos funcionales.

CAPÍTULO 6.

RESÚMEN & SUMMARY

6.1 RESUMEN

Esta investigación fue realizada de la siguiente forma, el primer paso fue la elaboración de la harina de cebada germinada, proceso en el que se tomaron algunos parámetros técnicos previa preparación y germinación del grano. El proceso germinativo tuvo una duración de 3 días en el que la raicilla adquirió una longitud de 5 milímetros, luego se procedió a pre-secar la cebada germinada al sol y luego de forma convencional de 40 a 50°C en un horno de bandejas, en dos etapas hasta alcanzar un porcentaje menor a 12 de humedad; se procedió a dividir la cantidad de cebada germinada seca en dos partes para destinarla respectivamente para la elaboración de harina de cebada germinada cruda y harina de cebada germinada tostada. Para la elaboración de harina de cebada germinada cruda se realizó una molturación completa hasta obtener una granulometría fina característica de una harina panificable. Para la elaboración de harina de cebada germinada tostada se procedió a tostar el grano a 70°C por 10 minutos en una paila de bronce con continua agitación hasta obtener un grano de color dorado, luego del cual se procedió a la molturación de la cebada germinada tostada.

Obtenidas las dos harinas se procedió a realizar las pre-mezclas de los diferentes tratamientos con base de 1 kg por tratamiento, seguidamente se inició el proceso de panificación en el que se tomaron los siguientes parámetros: se amasó por 4 minutos en una máquina convencional de amasado, la primera fermentación o leudado de la masa fue a 35°C por 10 minutos, en el pesado y moldeado el estándar de cada masa para pan fue de 60g, la fermentación final fue a 35°C por 35 minutos momento en el cual las masas de pan duplicaron su volumen, finalmente el horneado se realizó a 155°C de 25 a 30 minutos.

6.2 SUMMARY

This investigation was realized of the following form, the first step was the elaboration of the flour of germinated barley, process in which some technical parameters were taken previous preparation and germination from the grain. The germinative process lasted of 3 days in which little root acquired a length of 5 millimeters, soon was come pre-dry the barley germinated to the sunlight and after conventional form of 40 to 50°C in a furnace of trays, in two stages until reaching a percentage smaller to 12 of humidity; it was come to divide the amount of barley germinated dry in two parts respectively to destine it for the elaboration of flour of crude germinated barley and flour of germinated barley toast. For the flour elaboration of germinated barley crude a complete milling was realized until obtaining a fine sorting characteristic of a good for making bread flour. For the flour elaboration of germinated barley toast was come to toast the grain to 70°C by 10 minutes in one big pot of “bronce” with continuous agitation until obtaining a grain of gilded color, after which toast was come to the milling of the germinated barley. Obtained two flours it was come to realize pre-mix of the different treatments with base from 1 kg by treatment, next began the baking process in which the following parameters were taken: it was kneaded by 4 minutes in a kneaded conventional machine of, the first fermentation of the mass it went to 35°C by 10 minutes, in the heavy one and molding the standard of each mass for bread was of 60 g, the final fermentation went to 35°C by 35 minutes moment at which the masses of bread duplicated their volume, finally the backing was realized to 155°C of 25 to 30 minutes.

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

7.1 BIBLIOGRAFÍA

1. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR (2006), “**Importaciones de cereales al Ecuador**”, Sistema de Información Agropecuaria SICA- MAG, Quito – Ecuador.
2. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, SICA – MAG (2008), “**Importaciones de harina de trigo 2000 – 2008**”, Quito - Ecuador.
3. BIBLIOTECA DE CAMPO (2002), Manual Agropecuario, “**Tecnologías Orgánicas de la Granja Integral Autosuficiente**” Limerin S.A., impreso por Quebecar World, Bogotá – Colombia.
4. BIBLIOTECA PRÁCTICA AGRÍCOLA Y GANADERA (1970), “**Los Fundamentos de la Agricultura**”, Océano Ediciones, Barcelona – España.
5. BURKITT. D., & Trowell H. (1975), “**Dietary fiber and coronary heart disease**”, Academic Press, Universidad de Michigan – Estados Unidos.
6. CALLEJO, M. (2002), “**Industrias de Cereales y derivados**”, primera edición, Colección Tecnológica de Alimentos, Amv Ediciones – Mundi Prensa, Madrid – España.
7. CHARLEY, H. (1997), “**Tecnología de los Alimentos**”, Procesos Químicos y Físico en la preparación de los Alimentos, 5ta. Reimpresión, Limusa Editores, Balderas – México.
8. DURÁ, F. (2006), “**Manual del Ingeniero de Alimentos**”, editorial Grupo Latino Editores Ltda., 1era. Edición, impresión D’vinni Ltda.

9. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA (2001), **“Ingeniería y Agroindustria”**, 2da. Edición, Terranova Editores Ltda., Bogotá – Colombia.
10. FELDMAN, E. (1990), **“Principios de Nutrición Clínica”**, Editorial Manual Moderno S.A. de C.V., México D.F. – México.
11. GELINEAU, C. (1998), **“Los germinados en la alimentación”**, Integral Publishing, 2da. Edición 1998, Barcelona – España.
12. GODON, B. & WILLIM, C. (1994), **“Primary Cereal Processing: A Comprehensive Sourcebook”**, John Wiley & Sons, Inglaterra.
13. INEC (2008), **“Estadísticas agropecuarias, Características: superficie sembrada, Producto: trigo, grano seco, datos de superficie en hectáreas (has.) y datos de producción y ventas en toneladas métricas (TM)”**, Quito – Ecuador.
14. INIAP (2003), **“Informe del programa de cereales”**, Programa mundial de cereales, Quito – Ecuador.
15. MADRID, A., CENZANO, I., MADRID, J., MADRID, A. (1994), **“Manual de Pastelería y confitería”**, 1era. Edición, editorial Mundi – Prensa, Barcelona – España.
16. MAHAN, K., ESCOTT-STUMP, S. (2002), **“Nutrición y Dietoterapia de Karuse”**, 10ma. Edición, Mc Graw Hill, México D.F. – México.
17. NOMAN, P., HOTCHKISS, J. (1995), **“Ciencia de los Alimentos”**, editorial Acribia S.A., 5ta. Edición, Zaragoza – España.
18. OPS (Organización panamericana de la salud) - Ecuador, **“Programa la salud en las Américas”**, Informe 2002, Volumen I, Quito – Ecuador.
19. SANDOVAL, G. (2008), **“Programa mundial de alimentos”**, Informe Panorama General 2009, Edición 2008, Quito – Ecuador.
20. SANSANO, A. (2008), **“Cereales: estructura y composición nutricional”**, Universidad de Alicante, Alicante – España.
21. SOLEIL, D. (1997), **“Brotos y Germinados Caseros”**, Ediciones Obelisco, 2ª edición, Barcelona – España.

FUENTES DE INTERNET:

22. ALIMENTACIÓN SANA (2009), **“Cereales integrales”**, <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/cereales1.htm>, (05.08.2009).
23. CIC, Consejo Internacional de Cereales, Informe sobre el Mercado de Cereales 2010, <http://www.igc.int/es/downloads/gmrsummary/gmrsumms.pdf>, (21.10.2010)
24. COELLO, P. - Mercado mundial de cereales, (2007), http://www.mapa.es/ministerio/pags/observatorio/pdf/precio_cereales/mundial_cereales_07.pdf, (30.10.2010).
25. CONCIENCIA ANIMAL (2003), **“Alimentos Integrales”**, <http://www.conciencia-animal.cl/paginas/temas/temas.php?d=1185>, (03.08.2009).
26. FAO (2009), **“Algunos nutrientes contenidos en 100 g de cereales seleccionados”**, <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#bm30x>, (28.07.2009).
27. FAO (2009), **“Existencias mundiales de cereales (millones de toneladas)”**, Perspectivas de cosechas y situación alimentaria, <http://www.fao.org/docrep/012/ak340s/ak340s07.htm>, (03.10.2010).
28. FEDERACION DE NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREAS Y LEGUMINOSAS (2009), **“Variedades de cebada cultivada y contenido nutricional”**, http://fenalce.net/pagina.php?p_a=50, (03.07.2009).
29. GARCÍA, L. y OLMO, V., Universidad Politécnica de Cataluña, Institut de Ciències de l'Educació, **Las vitaminas en los cereales**, <http://www-ice.upc.es/documents/eso/aliments/HTML/cereal-3.html>, (03.07.2009).
30. GARCÍA, M. (2008), **“Producción mundial y nacional de cebada”**, Agrodigital – España, <http://www.agrodigital.com/images/cebada.pdf>, (03.07.2009).
31. GARZA A., Universidad Autónoma de Nuevo León, **“El Trigo”**, <http://www.monografias.com/trabajos6/trigo/trigo2.shtml>, (01.11.2010).

32. GOYOAGA C., Universidad Complutense, “**Estudio de factores no nutritivos en “vicia faba i.”: influencia de la germinación sobre su valor nutritivo**”, <http://www.ucm.es/BUCM/tesis/far/ucm-t28827.pdf>, (24.01.2010).
33. INDUSTRIAL DE ALIMENTOS (2009), “**Usos de la cebada**”, <http://www.protoleg.com.mx/cebada.htm>, (02.09.2009).
34. LATHAM, M., Universidad de Cornell - FAO, Nutrición humana en el mundo en desarrollo, cap. 26 Cereales, raíces feculentas y otros alimentos con alto contenido de carbohidratos, <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm#bm30x>, (28.07.2009)
35. MATELJAN, G. (2010), The world healthiest food, <http://www.whfoods.com/genpage.php?tname=foodspice&dbid=127> (2.11.2010).
36. NESTLÉ REGIÓN AMÉRICA CENTRAL (2009), “Importancia del consumo de alimentos integrales”, http://www.nestlecentroamerica.com/articulos/Nutricion/alimentos_integrales.htm, (03.08.2009).
37. SANSANO, A., Universidad de Guadalajara, **Importancia nutritiva de los cereales**, <http://ticat.org/treballs/twt/sansano-cereales-a.pdf>, (01.07.2009)
38. RICO, M. (2000), “**Proteínas**”, Unidad de Nutrición, Hospital Universitario La Paz. Madrid, http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/cereales.htm, (01.07.2009).
39. RIZZO, P. (1997), SICA, “**Importación de cebada**”, http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/trigo/trigo_pais.htm, (03.07.2009).
40. SICA (2000), “**Capacidad instalada de la industria molinera 2000**”, http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/trigo2001/mercado%20nacional/capacidad_instalada.htm, (29.06.2009).

7.2 ANEXOS

7.2.1 Anexo 1

Trigo, producción, superficie y rendimiento 2000 -2007

Años	Superficie	Producción	Rendimiento	Tasa crecimiento	
	Ha	TM	TM/ha	Superficie	Producción
2000	20,870	12,958	0.62	-16.5	-13.6
2001	22,135	13,502	0.61	6.1	4.2
2002	21,682	13,990	0.65	-2.0	3.6
2003	20,230	12,589	0.63	-6.7	-10.0
2004	21,556	13,543	0.63	6.6	7.6
2005	19,695	11,966	0.61	-8.6	-11.6
2006	19,160	12,771	0.67	-2.7	6.7
2007	14,125	9,927	0.70	-26.3	-22.3

Fuente: SIGAGRO/MAGAP
Elaboración: SDEA/MAGAP

03.10.2009

Precios internacionales estimaciones semanales

Kansas (cierre semanal) Hrw grado nro. 2 nivel proteína 12

SEMANA/MES	Dólar / TM FOB Año 2009 Golfo de México
<u>ENERO</u> Promedio Mensual	261
Primera semana	267
Segunda semana	269
Tercera semana	256
Cuarta semana	252
<u>FEBRERO</u> Promedio Mensual	241
Primera semana	247
Segunda semana	244
Tercera semana	237
Cuarta semana	236

7.2.2 Anexo 2

NORMAS INEN

7.2.3 Anexo 3

HOJA TÉCNICA DE LA HARINA DE TRIGO INTEGRAL Y BLANCA
INDUSTRIA “LA MODERNA”

7.2.4 Anexo 4

ANALISIS REOLÓGICO HARINA DE CEBADA GERMINADA CRUDA Y TOSTADA

7.2.5 Anexo 5

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

UTN - UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

7.2.6 Anexo 6

FORMULARIO PARA LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN

HOJA DE ENCUESTA

INSTRUCCIONES PARA EVALUAR “PAN INTEGRAL ELABORADO A PARTIR DE LA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO Y HARINA DE CEBADA GERMINADA CRUDA Y TOSTADA”

INSTRUCCIONES: lea a continuación las características organolépticas que se procederá a evaluar y analice detenidamente para juzgar de mejor manera al momento de la degustación del pan.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

AROMA: El aroma es la propiedad vinculada con la volatilidad de los ingredientes que contiene el pan, ésta debe tener un aroma propio de un pan recién salido del horno, fresco y agradable.

MIGA: La miga del pan debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.

CORTEZA: Debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

SABOR: El sabor debe ser agradable, sin indicios de sabor a levadura (agrio) o rancio (ácido), sabor característicos del producto fresco y bien cocido.

ACEPTABILIDAD: Se califica de acuerdo a su preferencia del pan.

NOTA: La descripción de las características organolépticas a evaluarse está de acuerdo con lo establecido en la Norma INEN 95:1979 PAN COMÚN, Requisitos.

FICHA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

PRODUCTO: Pan integral elaborado a partir de la mezcla de Harina de Trigo y Harina de Cebada germinada cruda y tostada

HORA: **FICHA N°:**

INSTRUCCIÓN: Marque con una X en el casillero al que corresponda su calificación de acuerdo a las distintas características organolépticas a evaluarse.

1. AROMA

CALIFICACIÓN	MUESTRAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AGRADABLE														
NORMAL														
DESAGRADABLE														

2. MIGA

CALIFICACIÓN	MUESTRAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
UNIFORME Y ELASTICA														
UNIFORME														
DESMENUZABLE														

3. CORTEZA

CALIFICACIÓN	MUESTRAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CRUJIENTE														
SEMICRUJIENTE														
MUY SUAVE														

4. SABOR

CALIFICACIÓN	MUESTRAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AGRADABLE														
NORMAL														
DESAGRADABLE														

5. ACEPTABILIDAD

CALIFICACIÓN	MUESTRAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
MUY AGRADABLE														
AGRADABLE														
DESAGRADABLE														

OBSERVACIONES:

.....
.....
.....
.....

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

7.2.7 Anexo 7

FOTOGRAFÍAS DE LA DEGUSTACIÓN DEL PAN

