



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



**“FORMULACIÓN, EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y
SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL
ENRIQUECIDO CON QUINUA (*Chenopodium quinoa*),
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) Y CHIA (*Salvia
hispánica L.*)”**

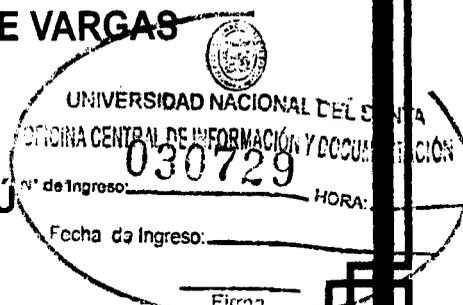
**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TESISTAS : Bach. LEÓN LOPEZ ALICIA MARILIA
Bach. URBINA CASTILLO KAREN YESENIA

ASESORA : Dra. ELZA BERTA AGUIRRE VARGAS

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2015





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS TITULADO “**FORMULACIÓN, EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL ENRIQUECIDO CON QUINUA (*Chenopodium Quinoa*), CAÑIHUA (*Chenopodium Pallidicaule*) Y CHIA (*Salvia hispánica L.*)**.”

HA CONTADO CON EL ASESORAMIENTO DE QUIEN DEJA CONSTANCIA DE SU APROBACIÓN. POR TAL MOTIVO FIRMO EL PRESENTE TRABAJO EN CALIDAD DE ASESORA. Designado por RESOLUCION DECANATURAL N°379-2014-UNS-FI

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas

ASESORA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

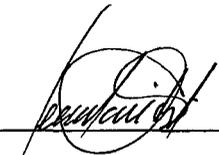
***“Formulación, Evaluación Nutricional y Sensorial del pan de Molde Integral
Enriquecido con Quinoa (*Chenopodium Quinoa*), Cañihua (*Chenopodium
pallidicaule*) y Chia (*Salvia hispánica L.*)”***

TESISTAS

Bach. León López Alicia Marilia

Bach. Urbina Castillo Karen Yesenia

Revisado y aprobado el día 18 de setiembre del 2015 por el siguiente jurado
evaluador, designado mediante resolución Decanatural N° 286-15-UNS-CFI;



M.Sc. Jenaro Paredes Zavaleta
Presidente



Ing. Vicente Carranza Varas
Secretario



Ms. Cesar Moreno Rojo
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por su amor perfecto e incondicional, por cuidarme todo este tiempo, por levantarme cuando he caído, porque gracias a él llegue donde estoy, porque sin él nada fuera posible.

A mi madre Soledad Castillo, por su gran esfuerzo y dedicación, a mi padre Raúl Urbina por su confianza y su apoyo, a Will Huarejare por la confianza y el apoyo constante.

En memoria de mi abuelo Alfonso Castillo, que me cuida desde el cielo, con todo amor para él.

A mi Abuela Teodomila, por guiarme y enseñarme, a mis hermanos Christian y Milene por ser mi alegría, a Daniel por todo su apoyo y respaldo en la tesis.

KAREN URBINA C.

*A Dios, porque que siempre ha está
conmigo en cada paso que doy.
Dándome las fuerzas necesarias y
permitirme llegar hasta donde estoy el
día de Hoy.*

*A mis padres Mansueto León y Juana
López; por apoyarme todo este tiempo. Por
todo el amor que me demuestran día a día.
Por ser ejemplo de superación y valentía.
Y por haberme educado de la manera
correcta.*

*A mis hermanos Javier, Miguel y
Yuleysi; por ser mis grandes
amigos, por darme siempre su
apoyo en todo lo que me
propongo.*

*A mis compañeros de estudios por haber
compartido hermosos y gratos momentos
en la universidad. A mi Angelito por
apoyarme en todos mis objetivos y por su
motivación. A mis amigas Arelis Velásquez
y Liliana Jiménez por haber compartido
sus conocimientos estos cinco años en la
universidad.*

ALICIA LEÓN LÓPEZ

AGRADECIMIENTO

A mi asesora Dra. Elza Aguirre Vargas, por su valiosa guía, paciencia colaboración y conocimiento en el desarrollo de mi tesis.

Al Ing. Pedro Ayala, por sus conocimientos y apoyo en la elaboración de mi tesis.

A los docentes de la E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial, por sus enseñanzas y apoyo durante toda mi formación profesional.

A mi compañera de tesis y amiga incondicional Alicia León por su esfuerzo, dedicación en la elaboración de nuestra tesis.

KAREN URBINA C.

A mi asesora Dra. Elza Aguirre Vargas, por su ayuda y por sus enseñanzas no solo en el desarrollo de la tesis, sino también a lo largo de los cinco años de estudios en la universidad.

A los docentes de la E.A.P. de Ingeniería Agroindustrial, por todo el apoyo académico otorgado durante nuestra vida universitaria.

Al Ing. John Gonzales, al Ing. Pedro Ayala, por sus conocimientos y apoyo en la elaboración de mi tesis. Y a la señorita Silvia Huacacolqui por todo su apoyo brindado durante la investigación y así poder concluir con esta tesis.

A mi gran amiga y compañera de tesis Karen Urbina, por todo su tiempo, la dedicación y el esfuerzo que puso en la realización de nuestra tesis.

ALICIA LEÓN LÓPEZ

RESUMEN

El uso de la Quinua y la Cañihua son variados, siendo los más importantes para contrarrestar casos de anemia, desnutrición y cansancio mental. Así como estos cereales son importantes para la salud, la semilla de Chía también aporta gran porcentaje de nutrientes a nuestro organismo; como por ejemplo el calcio, omegas, etc. Por tal razón, se quiere dar a conocer las ventajas nutritivas y energizantes de los cereales andinos, dándole valor agregado a través de un pan integral enriquecido (por este dos cereales más la semilla de Chía).

El objetivo de la investigación fue desarrollar un pan molde integral con alto contenido en proteínas y fibra usando harina de trigo, harina integral, Quinua, Cañihua y semillas de Chía. A la vez se formularon 15 tratamientos. Teniendo en cuenta las materias primas a utilizar, la calidad nutricional de las mezclas, y aceptabilidad sensorial se seleccionaron 2 formulaciones que sirvieron para hacer el análisis reológico.

Mediante los análisis reológicos se determinó que la masa de la formulación 13 presento una mejor absorción de agua 65.1% y un tiempo de desarrollo de 04:34 minutos; mientras que la masa de la formulación 14 y del patrón presentaron una absorción de agua de 65.5% y 62.5%, con un tiempo de desarrollo de 04:29 y 04:03 minutos respectivamente; con un análisis de extensograma se determinó también que la masa de la formulación 13 presento una adecuada relación entre la resistencia 815 BU y la extensibilidad 58 mm, mientras que los tratamientos 14 y el patrón presentaron valores de 622BU y 55mm, 1541BU y 69mm respectivamente. Para la elaboración de este producto se siguieron las siguientes operaciones: pesado, amasado, primera fermentación, amasado-sobado, división-formado, fermentación y homeado. Las harinas, para cada nivel de sustitución, fueron evaluadas por medio de análisis fisicoquímico. El pan integral obtenido presenta un contenido: proteínas 12.94%, grasas 8.77%, carbohidratos 37.70%, fibra 7.54%, humedad 31.06% y cenizas 2.11%. Finalmente, en la evaluación de la calidad nutricional del pan integral demostró un valor de PER de 1.104%, digestibilidad 69.36%, valor biológico 73.93% y NPU calculado 51.28%.

ABSTRACT

The use of Quinoa and Cañihua are varied, the most important to counteract anemia, malnutrition and mental fatigue. Just as these grains are important for health, Chia seed also brings large percentage of nutrients to our body; such as calcium, omegas, etc. For this reason, we want to present the nourishing and energizing benefits of Andean grains, giving added value through an enriched bread (for the two cereals plus Chia seed).

The aim of the research was to develop a comprehensive pan bread high in protein and fiber using wheat flour, whole wheat flour, quinoa, Cañihua and chia seeds. While 15 treatments were formulated. Considering the raw materials used; the nutritional quality of the mixtures, and sensory acceptability 2 formulations that were used to make the rheological analysis were selected.

By rheological analysis found that the mass of the formulation 13 present a better water absorption 65.1% and development time of 04:34 minutes; while the mass of the formulation presented pattern 14 and a water absorption of 65.5% and 62.5%, with a development time of 4:29 minutes and 4:03 respectively; with an analysis of extensogram was also determined that the mass of the formulation 13 present an appropriate relationship between resistance 815 BU and extensibility 58 mm, while treatments 14 and pattern values were 622BU and 55mm, 1541BU and 69mm respectively. Heavy kneading, first fermentation, kneading-sobado, division-formed, fermentation and baking: For the preparation of this product the following steps are followed. Flour, for each level of substitution, were evaluated by means of physicochemical analysis. The bread obtained has a content: 12.94% protein, 8.77% fat, carbohydrates 37.70%, 7.54% fiber, moisture and ash 31.06% 2.11%. Finally, in assessing the nutritional quality of bread showed a value of PER 1,104%, 69.36% digestibility, biological value 73.93% and NPU calculated 51.28%.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1 GENERALIDADES DEL PAN DE MOLDE	2
2.1.1 Definición de pan de molde.....	2
2.1.2 Composición química.....	3
2.2 ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE INTEGRAL.....	3
2.2.1 Materia prima	3
2.2.1.1 El trigo	3
2.2.1.1.1 Definición.....	3
2.2.1.1.2 Composición química del Trigo.....	4
2.2.1.2 Harina de Trigo.....	5
2.2.1.2.1 Definición.....	5
2.2.1.2.2 Composición química.....	6
2.2.1.2.3 Tipos de harina de trigo.....	7
2.2.1.2.4 Sucedáneos del trigo.....	8
2.2.1.3 Harina Integral de Trigo.....	9
2.2.1.3.1 Definición.....	9
2.2.1.3.2 Composición química.....	10
2.2.1.4 Quinoa	11
2.2.1.4.1 Definición.....	11
2.2.1.4.2 Valor nutritivo.....	11
2.2.1.4.3 Composición química.....	12
2.2.1.4.4 Harina de Quinoa.....	13
2.2.1.5 Cañihua	15
2.2.1.5.1 Definición.....	15
2.2.1.5.2 Taxonomía.....	16
2.2.1.5.3 Composición química.....	15
2.2.1.5.4 Valor nutritivo.....	16

2.2.1.6 Chía	
2.2.1.6.1 Definición.....	17
2.2.1.6.2 Taxonomía.....	18
2.2.1.6.3 Composición química.....	19
2.2.1.6.4 Composición nutricional.....	19
2.2.1.7 Insumos.....	21
2.2.1.7.1 Levadura	21
2.2.1.7.2 Agua.	25
2.2.1.7.3 Mejorador de masa.....	27
2.2.1.7.4 Sal.....	32
2.2.1.7.5 Azúcar.	33
2.2.1.7.6 Grasas.	35
2.2.2 Materiales de embalaje	37
2.3 PROCESO TECNOLÓGICO.....	40
2.3.1 Recepción.....	40
2.3.2 Formulación.....	40
2.3.3 Pesado de materia prima e insumos.....	41
2.3.4 El amasado y su importancia.....	41
2.3.5 División o corte y Pesado	44
2.3.6 Boleado y Moldeado.....	45
2.3.7 Fermentación.....	45
2.3.8 Horneado.....	48
2.3.9 Enfriado.....	51
2.3.10 Rebanado y embolsado.....	51
2.3.11 Almacenamiento.....	52
2.3.12 Evaluación Sensorial.....	52
2.4 EVALUACIÓN BIOLÓGICA	53
2.4.1 Relación de eficiencia proteica (PER)	53

2.4.2	Valor Biológico.....	54
2.4.3	Digestibilidad aparente (Da)	54
2.5	CONTROL DE CALIDAD.....	55
2.5.1	Conceptos fundamentales.....	55
2.5.1.1	Calidad.....	55
2.5.1.2	Control de calidad.....	56
2.5.1.3	Requerimientos Básicos.....	56
2.5.2	Principales Defectos en los Productos de Panificación.....	56
2.5.3	Deterioro del Producto de Panificación.....	57
2.5.3.1	Perdida de Humedad y Peso	57
2.5.3.2	Alteración de la grasa.....	58
2.5.3.3	Pérdida de Aroma.....	58
2.5.3.4	Falta de Acidez.....	59
2.5.3.5	Deterioro Mecánico.....	59
2.5.3.6	Recomendaciones.....	59
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	61
3.2	MATERIALES.....	61
3.2.1	Materia prima.....	61
3.2.2	Insumos	62
3.3	EQUIPOS E INSTRUMENTOS, REACTIVOS Y OTROS MATERIALES.....	62
3.3.1	Equipos e instrumentos.....	61
3.3.2	Reactivos.....	63
3.3.3	Materiales de Vidrio y Otros.....	63
3.4	MÉTODOS.....	63
3.4.1	Caracterización de las harinas de trigo, harina integral, quinua y Cañihua.....	63
3.4.1.1	Humedad.....	64
3.4.1.2	Proteína.....	64
3.4.1.3	Grasas.....	64

3.4.1.4	Ceniza.....	64
3.4.1.5	Fibra.....	64
3.4.1.6	Carbohidratos.....	64
3.4.1.7	Colorimetría.....	64
3.4.2	Cómputo Químico.....	65
3.4.3	Planeamiento Experimental.....	65
3.4.3.1	Metodología de Superficie de Respuesta (MSR)	65
3.4.3.2	Diseño de Box-Behnken.....	65
3.4.4	Procedimiento para la elaboración de pan de molde.....	67
3.4.4.1	Método de Elaboración de Pan de Molde Estándar.....	67
3.4.5	Evaluación de la calidad de los panes	75
3.4.5.1	Volumen específico	75
3.4.5.2	Color de corteza y miga.....	75
3.4.5.3	Análisis Sensorial.....	76
3.4.5.4	Análisis Estadístico.....	77
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	78
4.1	Caracterización de la Materia Prima.....	78
4.1.1	Caracterización de la Harina de Trigo.....	78
4.1.1.1	Composición Porcentual.....	78
4.1.1.2	Colorimetría Harina de trigo.....	79
4.1.2	Caracterización de la Harina de Trigo integral.....	80
4.1.2.1	Composición Porcentual.....	80
4.1.2.2	Colorimetría Harina de trigo integral.....	81
4.1.3	Caracterización de la Harina de Quinua.....	82
4.1.3.1	Composición Porcentual.....	82
4.1.3.2	Colorimetría Harina de Quinua.....	83
4.1.4	Caracterización de la Harina de Cañihua.....	84
4.1.3.1	Composición Porcentual.....	84
4.1.3.2	Colorimetría Harina de Cañihua.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 01: Contenido en macronutrientes de algunas variedades de pan.....	3
CUADRO 02: Información nutricional del trigo.....	5
CUADRO 03: Composición química de la harina de trigo.....	6
CUADRO 04: Principales Sucedáneos del Trigo en nuestro país.....	9
CUADRO 05: Información nutricional de la harina integral de Trigo.....	10
CUADRO 06: Composición química del grano de la quinua.....	13
CUADRO 07: Valor nutritivo de la Harina de Quinua en gramos.....	14
CUADRO 08: Valor nutritivo del Grano y la Harina de Cañihua.....	16
CUADRO 09: Análisis químico proximal de la semilla de Chía.....	18
CUADRO 10: Valores mínimos y máximos de los factores.....	63
CUADRO 11: Matriz experimental.....	63
CUADRO 12: Fórmula para un pan de molde estándar.....	65
CUADRO 13: Composición Porcentual (%) de la Harina de Trigo.....	75
CUADRO 14: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de trigo.....	76
CUADRO 15: Composición Porcentual (%) de la Harina Integral.....	77
CUADRO 16: Color instrumental CIE L.a.b de la harina Integral.....	78
CUADRO 17: Composición Porcentual (%) de la Harina de Quinua.....	79
CUADRO 18: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de Quinua.....	80
CUADRO 19: Composición Porcentual (%) de la Harina de Cañihua.....	81

CUADRO 20: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de Cañihua.....	82
CUADRO 21: Composición Porcentual (%) de la Chía.....	83
CUADRO 22: Cómputo Químico de los Ensayos del Planteamiento Experimental.....	84
CUADRO 23: Volumen específico de los panes de molde.....	85
CUADRO 24: Efectos estimados para VOLUMEN ESPECÍFICO.....	86
CUADRO 25: Análisis de varianza para volumen específico - pan de molde.....	
con sustitución parcial	87
CUADRO 26: Valor proteico de los panes de molde.....	90
CUADRO 27: Efectos estimados para PROTEINA (%).....	91
CUADRO 28: Análisis de Varianza para PROTEINA.....	92
CUADRO 29: Textura de los panes de molde.....	95
CUADRO 30: Efectos estimados para TEXTURA (Mj).....	96
CUADRO 31: Análisis de Varianza para TEXTURA (Mj).....	97
CUADRO 32: Luminosidad de la miga de los panes de molde.....	100
CUADRO 33: Efectos estimados para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan.....	101
CUADRO 34: Análisis de Varianza para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan.....	102
CUADRO 35: Cromacidad de la miga de los panes de molde.....	105
CUADRO 36: Efectos estimados para CROMACIDAD (C*) de la miga del pan.....	106
CUADRO 37: Análisis de varianza para CROMACIDAD (C*) de la miga del pan.....	107
CUADRO 38: Angulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.....	110
CUADRO 39: Efectos estimados para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga	
del pan.....	111

CUADRO 40: Análisis de varianza para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga.....	
del pan.....	112
CUADRO 41: Luminosidad de la corteza de los panes de molde.....	115
CUADRO 42: Efectos estimados para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan.....	116
CUADRO 43: Análisis de varianza para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan.....	117
CUADRO 44: Cromaticidad de la corteza de los panes de molde.....	120
CUADRO 45: Efectos estimados para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan.....	121
CUADRO 46: Análisis de varianza para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan.....	122
CUADRO 47: Angulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.....	125
CUADRO 48: Efectos estimados para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza	
del pan.....	126
CUADRO 49: Análisis de varianza para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza	
del pan.....	127
CUADRO 50: Análisis físico-químico para las mejores formulaciones del pan de molde	132
CUADRO 51: Resumen de las formulaciones analizadas por el farinograma.....	135
CUADRO 52: Resumen de las formulaciones analizadas por el extensografo.....	139
CUADRO 53: Resumen de las formulaciones analizadas por el amilograma.....	142
CUADRO 54: Resultados de la evaluación biológica del pan enriquecido óptimo.....	143
CUADRO 55: Resumen de la determinación de la digestibilidad, valor biológico.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Composición química proximal del grano de trigo.....	4
FIGURA 02: Harina dura para pan.....	7
FIGURA 03: Harina suave para galletería.....	8
FIGURA 04: Quinoa.....	11
FIGURA 5: Contenido de aminoácidos en cereales.....	11
FIGURA 6: Recepción de la materia prima e insumos.....	66
FIGURA 7: Pesado de la materia prima e insumos.....	66
FIGURA 8: Amasado – sobado	67
FIGURA 9: Boleado y moldeado del pan de molde.....	68
FIGURA 10: Fermentación del pan de molde.....	68
FIGURA 11: Horneado del pan de molde.....	69
FIGURA 12: Enfriamiento del pan de molde.....	69
FIGURA 13: Rebanado y embolsado del pan de molde.....	70
FIGURA 14: Diagrama de flujo utilizado en el proceso.....	71
FIGURA 15: Determinación del volumen específico-método de semilla.....	72
FIGURA 16: Determinación de color.....	73
FIGURA 17: Análisis sensorial al pan de molde.....	74

FIGURA 18: Diagrama de Pareto estandarizado para Volumen Específico.....	88
FIGURA 19: Gráfica de efectos especiales para Volumen Específico.....	89
FIGURA 20: Diagrama de Pareto estandarizado para Proteína.....	93
FIGURA 21: Gráfica de efectos especiales para Proteína.....	94
FIGURA 22: Diagrama de Pareto estandarizado para Textura.....	98
FIGURA 23: Gráfica de efectos principales para Textura.....	99
FIGURA 24: Diagrama de Pareto estandarizado para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan	103
FIGURA 25: Gráfica de efectos principales para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan.....	104
FIGURA 26: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMATICIDAD (C*) de la miga del pan	108
FIGURA 27: Gráfica de efectos principales para CROMATICIDAD (C*) de la miga del pan.....	109
FIGURA 28: Diagrama de Pareto estandarizado para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan.....	113
FIGURA 29: Gráfica de efectos principales para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan.....	114
FIGURA 30: Diagrama de Pareto estandarizado para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan.....	118
FIGURA 31: Gráfica de efectos principales para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan.....	119
FIGURA 32: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMACIDAD (C*) de la	

corteza del pan.....	123
FIGURA 33: Grafica de efectos principales para CROMATICIDAD (C*) de la corteza del pan.....	124
FIGURA 34: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan.....	128
FIGURA 35: Grafica de efectos principales para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza del pan.....	129
FIGURA 36: Resultados del análisis sensorial.....	130
FIGURA 37: Análisis sensorial al pan de molde.....	131
FIGURA 38: Análisis Farinográficos de la Formulación 13.....	134
FIGURA 39: Análisis Farinográficos de la Formulación 14.....	134
FIGURA 40: Análisis Farinográficos de la Harina de Trigo.....	135
FIGURA 41: Análisis Extensográficos de la Formulación 13.....	137
FIGURA 42: Análisis Extensográficos de la Formulación 14.....	138
FIGURA 43: Análisis Extensográficos de la Harina de Trigo.....	138
FIGURA 44: Análisis Amilográfico de la Formulación 13.....	140
FIGURA 45: Análisis Amilográfico de la Formulación 14.....	141
FIGURA 46: Análisis Amilográfico de la Harina de Trigo.....	141
FIGURA 47: Análisis Biológico en ratas.....	143
FIGURA 48: Análisis de las heces y orina por el método Kjeldahl.....	145

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en el mercado se ofrece una gran variedad de productos de panificación; pero al mismo tiempo la mayoría de estos no aportan los requerimientos nutricionales indispensables para alimentarnos adecuadamente, mismos que nos proporcionan beneficios específicos para la salud.

A diferencia de la nutrición energética, la proteína es más compleja e importante. Esto es debido a que el hombre requiere el consumo de nueve aminoácidos esenciales, aquellos que nuestro organismo no puede sintetizar y por tanto es indispensable ingerir en nuestra dieta cotidiana para tener un buen estatus nutricional.

En el Perú hay una gran variedad de cereales andinos como la Quinua y Cañihua de gran valor proteico que aporta un equilibrio de proteínas, grasas y carbohidratos y de semillas como la Chía que aporta proteína, minerales, ácidos grasos y vitaminas, que en la actualidad están siendo consumidos de manera natural, como es el caso de la Chía. Y la quinua está siendo utilizada para elaboración de harina, con lo cual algunas empresas de panificación ya han elaborado un pan a base de este cereal. En consecuencia, investigaciones en materia de nutrición apuntan por otras alternativas al uso del trigo para la elaboración de pan.

Un alimento es considerado enriquecido cuando la proporción de uno o varios de los nutrientes que lo componen es superior a su composición normal y cuando esta modificación se realiza de forma artificial. A lo largo de los años, se han añadido diversos nutrientes a alimentos y bebidas en todo el mundo con el fin de cubrir las recomendaciones dietéticas y solucionar deficiencias en algún nutriente específico. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue desarrollar un pan integral enriquecido con harina de quinua, cañihua y granos de Chia. Esto se hizo para obtener un producto con mayor valor nutricional.

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 GENERALIDADES DEL PAN DE MOLDE

2.1.1 Definición de pan de molde

El **pan de molde** es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda. Suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al resto de los panes. Su contenido en grasas es mayor que el pan común, ya que a diferencia de este último, acostumbra llevar grasas, leche y huevo. (Quaglia, 1991).

Según la **Norma Técnica Peruana NTP 206.004** (INDECOPI, 1988), pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

Según la **Norma Técnica Peruana NTP 206.004** (INDECOPI, 1988), según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en:

-PAN INTEGRAL: Es el pan de molde elaborado con harina integral.

-PAN BLANCO: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82% de extracción.

-PAN CORRIENTE: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82% hasta 86% de extracción.

-PAN TOSTADO DE MOLDE: Es el producto que como producto anterior tiene el pan de molde y que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas.

2.1.2 Composición química

Cuadro 01: Contenido en macronutrientes de algunas variedades de pan (por 100 g):

Variedad	Energía (kcal)	Agua (g)	Proteína (g)	Lípidos (g)	Glúcidos (g)	Fibra (g)
Pan blanco (comùn)	261	34.9	8.5	1.5	51.5	3.5
Pan blanco tostado	262	37.5	6.8	4.4	46	5.3
Pan de centeno	230	40.5	6.2	1	45.8	6.5
Pan de molde	272	34.9	7.9	3.8	49.9	3.6
Pan de molde integral	259	36.1	10.9	3	44	6
Pan tipo hamburguesa	271	36.2	7.5	4.7	47.5	4.1

Fuente: Ortega R, López AM, Requejo AM, Carvajales PA. (2009)

2.2 ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE INTEGRAL

2.2.1 MATERIA PRIMA

2.2.1.1 EL TRIGO

2.2.1.1.1 Definición

El trigo (*Triticum spp*), es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas,

ampliamente cultivadas en todo el mundo. **(Rivera, 2002)**

El trigo en algunos sitios es casi el 80% de la dieta total; en la mitad de los países del mundo del pan posee el 50% del alimento. **(Scade, 1975)**

2.2.1.1.2 Composición química del Trigo

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, palmitoleico, oléico, 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. **(Kent, 1983)**

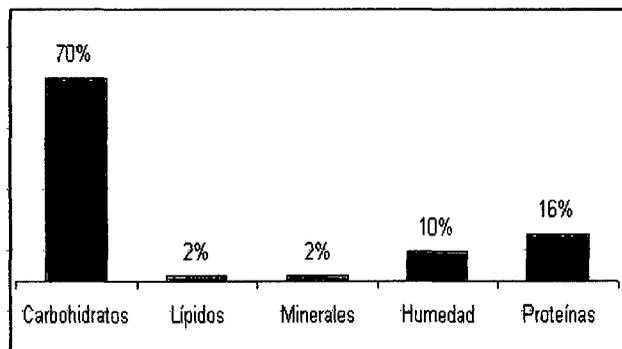


Figura 01: Composición química proximal del grano de trigo

Fuente: Nelson (1963) y Eckey (1954)

En la siguiente tabla podemos observar el porcentaje de estos nutrientes y el lugar donde se encuentran % de los constituyentes del trigo en las principales partes morfológicas.

Cuadro 02: Información nutricional del trigo

Estructura del trigo	H de C	Proteína	Fibra	F.Cruda	Lípidos	Mineral
Pericarpio y aleurona	0	20	70	93	30	67
Endospermo	100	72	27	4	50	23
Embrión y escutelo	0	8	3	3	20	10

Fuente: Shollenberger y Jaeger (1943)

2.2.1.2 Harina de trigo

2.2.1.2.1 Definición

Según el **Codex Standard 152-1985**, Por harina de trigo se entiende el producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen.

Esta norma establece los requisitos y condiciones que debe cumplir la harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial, entre ellos establece que la humedad no debe ser mayor de 15.5% y que debe estar exenta de sabores y olores extraños. (Quaglia, 1991).

2.2.1.2.2 Composición química

La harina debe ser: suave al tacto, de color natural, sin sabores extraños a rancia, moho, amargo o dulce. Debe presentarse una apariencia uniforme sin puntos negros, libre de insectos vivos o muertos, cuerpos extraños y olores anormales.

Cuadro 03: Composición química de la harina de trigo

Componente	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	13	15
Grasa (%)	1	1.5
Proteína (%)	12	13.5
Hidratos de carbono (%)	67	71
Fibra (%)	3	11
Cenizas (%)	0.55	1.5

Fuente: Calaveras J. (2004)

2.2.1.2.3 Tipos de harina de trigo

- **Harinas duras:** Tienen un alto contenido de proteínas. Existen 4 clases de harinas:
 - ✓ **Integral:** Aquella que contiene todas las partes del trigo.
 - ✓ **Completas:** Son las que se obtienen al moler el trigo separando sólo el salvado y el germen.
 - ✓ **Patente:** Es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, teniendo la mejor calidad panificadora.
 - ✓ **Clara:** Porción de harina que queda después de la patente. Es más oscura y contiene más cenizas.



Figura 02: Harina dura para pan

- **Harinas suaves:** Aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de baja proteína. Se utiliza para bizcochos y galletas. En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína.

A este sistema de molienda se le denomina molienda o separación por impacto.



FIGURA 03: Harina suave para galletería

Las harinas, según sus tipos, se clasifican en: cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000), y cuatro ceros (0000). La harina 000 corresponde a la harina de trigo, que se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten. Por su parte la harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten. Sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería. **(Aguirre et al., 1997)**

2.2.1.2.4 Sucedáneos del trigo

Mucho se ha hablado de este tema en los últimos años, lamentablemente en algunos casos sin el debido sustento técnico y con cierta irresponsabilidad, ya que se crean falsas expectativas que desalientan a los consumidores, sobre todo a los de menores recursos económicos. Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. **(Gómez, 2009).**

Estos pueden provenir de cereales, leguminosas, pseudos cereales y raíces o también como una combinación de ellas. Según Norma Técnica Peruana 205.045:1976, se define harinas sucedáneas procedentes de cereales, destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios.

Cuadro 04: Principales Sucédáneos del Trigo en nuestro país

Cereales	Leguminosos	Pseudos Cereales		
		Tubérculos	Raíces	
Trigo Nacional	Soya	Quinua	Yuca	Maca
Maiz	Haba	Kiwicha	Camote	Oca
Cebada	Tarwi	Cañihua	Papa	Mashua
Arroz	-----	-----	-----	-----

Fuente: Revista Panera. Edición 2007.

2.2.1.3 Harina integral de trigo

La Harina Integral de Trigo se fabrica a partir del grano entero de trigo, el cual no tiene el proceso de refinación de la harina común blanca. Conserva toda la cáscara del grano, lo cual le hace contener un importante aporte de fibra. Por este gran aporte en fibra, es un alimento considerado como "Buena Fuente de Fibra", lo que conlleva a un menor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares; ayudar al control de niveles de colesterol; prevenir y combatir el estreñimiento y la pereza

intestinal; y, dar sensación de saciedad, lo que ayuda en dietas para control de peso. (Nutrisa, 2007)

2.2.1.3.1 Composición nutricional de la Harina de Trigo Integral

Las proporciones de los nutrientes de la harina integral de trigo pueden variar según el tipo y la cantidad del alimento, además de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes.

Cuadro 05: Información nutricional de la harina integral de Trigo por 100 g de muestra.

Calorías	322 kcal.
Grasa	2,22 g.
Agua	17.80 g.
Sodio	3 mg.
Carbohidratos	58,28 g.
Fibra	9 g.
Proteínas	12,70 g.
Calcio	38 mg.
Hierro	3,90 mg.
Vitamina B3	8,20 mg.

Fuente: Manuel Hernández Rodríguez, 2005.

2.2.1.4 QUINUA

2.2.1.4.1 Definición:

La quinua es una planta que produce pequeños granos de diferentes formas y colores, los mismos que pueden ser consumidos tostados o cocinados, enteros o en harina. La quinua es una planta de doble propósito ya que aparte de sus granos también pueden consumirse sus hojas verdes en sopas o locros.



Figura 04: Quinua

2.2.1.4.2 Valor nutritivo de la quinua.

La quinua es considerada como el alimento más completo, dentro de los vegetales. Su valor nutricional es comparable al de muchos alimentos de origen animal como la carne, leche o huevos. (Risi, 1993)

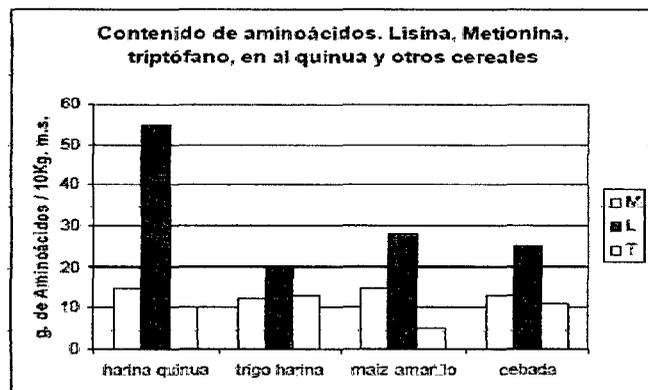


Figura 05: Contenido de aminoácidos en cereales.

Fuente: Tapia M (2003)

Los granos de quinua son especialmente ricos en proteínas, grasas y carbohidratos, pero la calidad de la proteína, es decir el contenido de aminoácidos es superior a casi todos los granos conocidos. Además la quinua tiene apreciables contenidos de minerales, especialmente calcio y vitaminas.

El sabor agradable, la excelente digestibilidad y la facilidad de preparación, además de la ausencia de colesterol, hacen que la quinua sea el alimento natural ideal para dietas que reemplacen a los alimentos de origen animal que son altos en colesterol. **(Vasquez.2005)**

2.2.1.4.3 Composición química

El grano de la quinua está constituido por cáscara 3%, mientras el germen constituye el 25%; este a su vez contiene 48.5% de proteína y 28% de grasa. La quinua contiene también saponinas, las cuales son compuestos glicósidos de tipo triterpenoide con propiedades tensoactivas que producen una espuma abundante en solución acuosa y además, confieren al grano un sabor amargo.

Las saponinas presentan un problema doble en el uso alimenticio de la quinua: el sabor amargo que representa un factor limitante para su aceptación y el de la posible toxicidad, que es aún motivo de estudio. El contenido de saponinas varía entre las variedades de la quinua y ya existen algunas dulces.

Los dos problemas relacionados con el contenido de saponinas han hecho que se trate de eliminarlas mediante diversos métodos de lavado o de fricción, ya que las saponinas están concentradas en la cáscara del grano. **(COLLAZOS, C.P.L White, 1975)**

Cuadro 06: Composición química del grano de la quinua

Componente	Contenido(g/100g materia seca)
Proteínas	14.27
Carbohidratos	54.90
Grasa	8.03
Cenizas	3.01
Fibra cruda	9.45
Humedad	10.34
Kcal/100g materia seca	348.62

Fuente: Carrasco-Valencia (2011)

2.2.1.4.4. Harina de Quinua

La harina de Quinua está compuesta por altos contenidos de proteínas que llegan a un 15% a 18%(en comparación al Trigo llega al 1-15% aproximado). Además, presenta proteínas del trigo globulinas, parecidas a las globulinas del amaranto, distintas a las del Trigo y de calidad biológica superior. La ausencia de gluten la vuelve recomendable para los pacientes celíacos

intolerantes a este compuesto, y posee un balance de aminoácidos muy semejante al de la carne, por lo que podría reemplazar su consumo.

La harina de quinua es el producto que se obtiene de la molienda del grano de quinua, sano y exento de impurezas, desaponificado, lavado y secado debiendo después de este proceso presenta las siguientes características.

Cuadro 07: Valor nutritivo de la Harina de Quinua en gramos por 100gr. de muestra.

COMPONENTES NUTRITIVOS	CANTIDAD	UNIDAD
Energía	341	g
Agua	12.6	g
Proteínas	9.1	g
Grasas	2.6	g
Carbohidratos	71.1	g
Fibra	2.6	g
Cenizas	2.0	g
Calcio	180.6	mg
Fosforo	60.1	mg
Hierro	3.5	mg

Fuente: Jiménez y Gómez (2005)

2.2.1.5 CAÑIHUA

2.2.1.5.1 Definición

La Cañihua es una planta terófito erguida. Su tamaño oscila entre 20 y 60 cm. Su tallo y hojas presentan manchas de color rojo y amarillo, incrementándose en tamaño en las partes inferiores de la planta. Es hermafrodita, se autopoliniza en época de fertilidad. Sus granos son más largos comparados con otros tipos de semilla, no obstante es similar en algunos aspectos a la quinua. Ambas pertenecen a la familia de las a la familia de las quenopodeaceas. Estas varían en color desde el marrón oscuro al negro. Comparados con los granos convencionales, el embrión es largo en relación al tamaño de la semilla. **(Congreso Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2005).**

2.2.1.5.2 Taxonomía

- Reino: Vegetal
- División: Angiospermophyta
- Clase: Dicotyledoneae
- Orden: Centrospermales
- Familia: Chenopodiáceae
- Género: Chenopodium
- Especie: Chepodium pallidicaule Aellen

2.2.1.5.3. Composición química de la Cañihua

El grano de Cañihua presenta un elevado contenido de proteínas y, al igual que la quinua y Kiwicha, una proporción importante de aminoácidos azufrados.

Cuadro 08: Valor nutritivo del Grano y la Harina de Cañihua expresado en g/100g

COMPONENTES	GRANO DE CAÑIHUA	HARINA DE CAÑIHUA
Valor energético (Cal)	379	360.2
humedad (g)	8.1	12.7
Proteína (g)	17.6	14.1
Grasa (g)	8.3	4.41
Carbohidratos (g)	61.7	66.03
Fibra (g)	11	1
Ceniza(g)	4.3	1.76
Calcio (mg)	171	-
Fosforo (mg)	496	-
Hierro (mg)	15	-
Vitamina A (mg)	-	-
Tiamina (mg)	0.57	-
Riboflavina (mg)	0.75	-
Niacina (mg)	1.56	-
Ácido Ascórbico (mg)	0	-

Fuente: Manuel Hernández Rodríguez (2005)

2.2.1.5 CHIA

2.2.1.6.1 Definición

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una planta anual de verano. Fue uno de los cultivos principales de las sociedades precolombinas de la región, superado sólo por el maíz y el frijol en cuanto a significación. Durante mucho tiempo fue un elemento básico en su dieta.

Fue a finales del siglo pasado que el interés por la chía resurgió, ya que se les puede considerar una buena fuente de fibra dietaria, proteína y antioxidantes, **(Ayerza y Coates, 2004)**.

En medio acuoso, la semilla queda envuelta en un polisacárido mucilaginoso copioso, el cual es excelente para la digestión que, junto con el grano en sí mismo forma un alimento nutritivo **(Hentry y col, 1990)**.

2.2.1.6.2 Taxonomía

- Reino : Plantae
- Sub reino: Tracheobionta (plantas vasculares)
- División: Magnoliophyta (plantas con flor)
- Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)
- Orden: Lamiales
- Familia: Lamiaceae
- Subfamilia: Nepetoideae
- Tribu: Mentheae
- Género: *Salvia*
- Especie: *S. Hispanica*
- Nombre Binomial: *Salvia hispánica*

2.2.1.6.3 Composición química de la Chía

Cuadro 09: Análisis químico proximal de la semilla de Chía (Salvia hispánica)

Análisis	Contenido (%)
Humedad	7.87
Proteínas	19.63
E. Etéreo	30.30
Fibra cruda	25.21
Cenizas	4.26
E.L.N	12.73
Cal/100 g	405.14
Calcio (g/100 g)	1.01
Hierro (g/100g)	0.052

Fuente: Ricardo Ayerza, 2006

2.2.1.6.4 Composición nutricional de la Chía

Las semillas de Chía son, después del lino, el alimento vegetal más rico en grasas omega 3. Además, estas semillas son particularmente ricas en mucilago, un tipo de fibra soluble que forma un gel cuando se mezcla con agua y tiene propiedades reguladoras del tránsito intestinal. **(Instituto Nacional de Alimentos, 2003)**

2.2.1.7 INSUMOS

2.2.1.7.1 Levadura

Se considera a la levadura como el componente biológico que añadimos a la masa para lograr esponjosidad. Haciendo historia diremos que la fabricación de pan fermentado es muy antigua y que se remonta a la época de los egipcios donde se utilizaron restos de la masa del día anterior, lo que es el inicio de la masa madre, considerada en muchos círculos como la levadura ácido principal; posteriormente se empleó la levadura de cerveza y sobre el siglo XIX se comienza a trabajar con la levadura prensada, ayudando al desarrollo industrial de la panadería. **(Calaveras, 2004).**

Las levaduras, como seres vivos que son, necesitan materia orgánica para alimentarse actúan sobre azúcares simples convirtiéndolos en etanol y CO₂, es lo que se llama fermentación alcohólica y tiene dos grandes aplicaciones en el campo de la alimentación. En la panificación se aprovecha el CO₂ y en otro caso lo que resulta aprovechable es el alcohol, como ocurre en la industria vinícola. **(Gómez, 2009).**

Para la fermentación de masas primarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*, capaz de fermentar azúcares produciendo anhídrido carbónico y alcohol.

Esta levadura tiene como todo ser vivo una temperatura óptima de 28°C, que es donde mayor cantidad de gas produce. Por lo tanto, a -30°C, muere por frío y por calor a los 55°C, teniendo una paralización de actividad a los 4°C. La levadura seca activa es la obtenida de cepas de diferentes géneros, donde las células se desecan hasta tener una humedad inferior al 8%.

Esta levadura es resistente al desecamiento, a las concentraciones elevadas de azúcares y a algunos inhibidores como el propionato de calcio. Esta es más resistente conservándola a temperatura ambiente que la comprimida, ya que esta última pierde más del 6,55 de su actividad en cuatro meses a 4°C. (Calaveras, 2004).

➤ **Función de las levaduras**

Principalmente las levaduras en panificación tienen tres efectos, aunque alguno de ellos ya ha sido comentado.

- Transformación de la masa, pasando de ser un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, donde se desarrollan las reacciones químicas y fisicoquímicas más activas. Produciendo un aumento de energía que equivale a 27 calorías por molécula de azúcar.
- Desarrollo de parte del aroma mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación y éteres.

- La función más importante es la acción de subida de la masa, debido a la producción de CO₂ (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etanol (2C₂H₅OH).
- Convierte a la harina cruda en un producto ligero.
- El efecto de transformación de la masa y subida de la misma, va unido a la hidratación del almidón, con lo cual no siempre se puede especificar el resultado final a un solo efecto
- La acción de las levaduras se concreta con una reducción de pH, debida en parte, al CO₂ producido que disuelve en el agua de la masa.

(Calaveras, 2004)

➤ **Requisitos de calidad de la levadura:**

- Fuerza, es la capacidad de gasificación que permite una fermentación vigorosa.
- Uniformidad, la levadura debe producir los mismos resultados si se emplean las mismas cantidades.
- Apariencia, debe ser firme al tacto y al partir no se desmorona mucho, debe demostrar algo de humedad.

➤ **Para actuar la levadura necesita:**

- Azúcar, como fuente de alimento.
- Humedad, sin agua no puede asimilar ningún alimento.
- Materias nitrogenadas, necesita nitrógeno y lo toma de la proteína de la harina.

- Minerales, la levadura necesita sales minerales para una actividad vigorosa.
- Temperatura adecuada, mantenerlo refrigerado hasta el momento de su uso.
(Gómez, 2009)

- **Proteasa**, ablanda el gluten actuando sobre la proteína.
- **Invertasa**, actúa sobre los azúcares compuestos.
- **Maltasa**, actúa sobre la maltosa.
- **Zimasa**, actúa sobre los azúcares simples.
(Gómez, 2009).

➤ **Las enzimas de la levadura:**

Las enzimas de la levadura actúan como catalizadores en la fermentación ayudando a la conversión de algunos azúcares compuestos a azúcares simples y fácilmente digeribles por la levadura. Sin embargo, la harina de trigo es pobre en alfa-amilasas y rica en Beta-amilasas, debido a esto, los mejoradores desde su invención, incluyeron estas enzimas. (Gómez, 2009). La alfa-amilasa y beta-amilasa, son las dos amilasas más usadas en la panificación, actúan sobre el almidón pero de una manera distinta. La alfa-amilasa, rompe la molécula del almidón formando moléculas más pequeñas llamadas dextrinas. **(Gómez, 2009).**

2.2.1.7.2 Agua.

El agua es uno de los ingredientes fundamentales en la elaboración del pan, su calidad tiene una influencia notable en la tecnología de la panificación y en los productos de ella obtenidos.). El tipo de agua a utilizar debe ser alcalina, es aquella agua que usualmente utilizamos para beber, libre de contaminantes y microorganismos. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas **gliadina** y **glutenina** al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa. Normalmente se suele decir que el agua constituye una tercera parte de la cantidad de harina que se vaya a emplear. Aunque es una afirmación no del todo exacta, nos da una idea de la importancia que tiene el agua en la panificación. Tiene una función nutritiva para la levadura.

No es posible hacer un cálculo exacto de la cantidad de agua a emplear. Se busca una consistencia, apreciable al tacto y que se pueda medir por medio de los aparatos de laboratorio, que facilite el trabajo de la masa. Es fácil corregir esta consistencia durante el amasado añadiendo agua o harina, según el caso. Si se añade poco agua, la masa desarrolla mal en el horno, mientras que un exceso hace que la masa no tenga una buena cocción, pues la miga resulta húmeda y se produce el ablandamiento de la corteza. Si durante la cocción

se le adiciona agua, lo que se llama “vapor primario”, conseguimos retrasar la formación de la corteza para dar al pan una corteza fina y crujiente y aseguramos el máximo volumen, haciendo que se expanda con uniformidad. Además damos color y brillantez al pan, haciéndolo más atractivo a la vista. El llamado “vapor secundario” es el que produce el propio pan por evaporación de la humedad de la masa, y que por sí solo, es insuficiente para dar los resultados deseados. (Calaveras, 2004).

➤ **Funciones del agua en panificación:**

- **Formación de la masa:** el agua es el vehículo de transporte para que los ingredientes al mezclarse formen la masa. También hidrata el almidón que junto con el gluten dan por resultado la masa plástica, suave y elástica.
- **Fermentación:** para que las enzimas puedan actuar hace falta el agua para que puedan difundirse a través de la pared o la membrana que rodea la célula de levadura. El agua es el que hace posible la **propiedad de plasticidad** de la masa, de modo que pueda crecer por la acción del gas producido en la fermentación.
- **Efecto en el sabor y la frescura:** el agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan. Las sustancias minerales disueltas en el agua confieren facilidad de trabajar la masa. (Calaveras, 2004).

2.2.1.7.3 Mejorador de masa.

A la hora de hablar de los aditivos, debemos decir que son muchos los principios activos que conjuntamente se añaden para formar el aditivo que simplemente ayuda a subsanar las distintas anomalías en la harina y que se clasifican según su concentración.

Son compuestos utilizados durante el amasado, actúan sobre las proteínas principalmente de la harina, que tienen por finalidad corregir fallas de las masas en proceso, mejorando las características panaderas por el acondicionamiento de gluten.

Para que se produzca una determinada reacción, es necesaria la presencia de un determinado Mejorador, y la mayor o menor cantidad de este suele modificar la velocidad de la reacción controlada. **(Calaveras, 2004).**

- Conocer las características de la harina previamente, ya que el efecto de un mejorante es distinto si utilizamos harinas acondicionadas o no.
- Leer y conocer los principios activos del mejorante, que normalmente viene detrás del saco y que están por orden cuantitativa. **(Calaveras, 2004).**
- Antiguamente se clasificaban por su dosis, pero hoy la clasificación tiene más sentido según el proceso de panificación que tenga el panadero:

- **Procesos Artesanales:** Son los llamados concentrados con utilización de los mismos en baja dosificación. No suelen tener problemas de apelmazamiento y su poder conmulsionante es bajo, dando un aspecto y sabor al pan más natural. **(Calaveras, 2004).**
- **Procesos Industrializados:** Sus dosis varían desde un 0.3% hasta un 0.8%. Sus características están basadas en dar más extensibilidad a las masas tan necesaria en líneas automáticas con dobles formadores incluso patín dinámico.
Típico en amasados intensivos, aunque se utilizan de forma general en dichos procesos. Se aplica en fermentaciones cortas o semi- cortas consiguiendo rápidamente el volumen deseado. Favorecen cortezas finas y migas blancas en el pan. **(Calaveras, 2004).** En este sentido existe una diversidad muy amplia de mejorantes dependiendo de su concentración.
- **Procesos para panes lecitinados:** Sus dosis varían de 0.6% a 0.8% y se caracterizan por una buena respuesta en procesos semi-mecanizados. **(Calaveras, 2004).**
- **Procesos pasteleros:** Son aquellos mejorantes que se utilizan en masas muy azucaradas y con mucha grasa. Su principal característica es que permite fermentaciones largas para obtener piezas muy ligeras y su dosificación está entre 0.2% al 0.3%.

(Calaveras, 2004).

A continuación vamos a describir los efectos y funciones de los principios activos más utilizados para la mezcla en masas:

A. Coadyuvantes de Fermentación

Es aquí donde hablamos de las enzimas como catalizadores biológicos que ayudan a acelerar diversas reacciones químicas. (Calaveras, 2004). Normalmente al hablar de este apartado, nos referimos a las amilasas fúngicas y las proteasas, pero no debemos olvidar que en este grupo se encuentran también las pentosanasas y los gluco-oxidasas. **(Calaveras, 2004).**

Quizás al ser productos naturales y con un gran campo de aplicaciones, las enzimas tienen bien merecido el hueco tan importante en la panificación y quizás sean éstas, la base fundamental en el futuro de los mejorantes, ya que son cada vez más los estudios desarrollados sobre ellas. (Calaveras, 2004). En la panificación dos son las que se utilizan dentro de los mejorantes normalmente:

- **α – Amilasa**

Como nuestras harinas en general tienen poca actividad amilásica, los mejorantes canarios con su incorporación a la masa, ayudan a dar este equilibrio.

Su función principal es de degradar el

almidón progresivamente, facilitando azúcares simples como alimento de las levaduras. Ayudan a regular la velocidad de fermentación y facilitan color al pan. **(Calaveras, 2004).**

- **Hemicelulosa**

Su función es facilitar el amasado dando extensibilidad a la masa y facilitando en desarrollo del pan en el horno. Altera el greñado dando una greña nítida y facilita el color dorado tan buscado en algunos panes. (Calaveras, 2004). La aplicación de proteasas en los mejorantes normalmente no se realiza, debido a que en las harinas se tiene una elevada concentración por propia naturaleza, pero esto no impide que en diversos casos se añadan como también sucede en la fabricación de harinas.

Su función es dar extensibilidad a las masas y su aplicación práctica en la fábrica de harina oscila entre 4 – 15 g./100 Kg. de harina. **(Calaveras, 2004)**

B. Conservadores (Antimoho)

Se definen como conservantes a las sustancias químicas que al ser añadidas intencionalmente al alimento, tienden a prevenir o retardar el deterioro causado a los alimentos por microorganismos, se considera como un conservador ideal a aquel que

inhibe hongos, levaduras y bacterias, que no sea tóxico para el ser humano, fácilmente biotransformable por el hígado, no acumulable en el medio ambiente o en organismos vivos, soluble en agua, estable, que no imparta sabor ni olor. (Calaveras, 2004). Los conservantes más utilizados en el área de panificación son:

- **Benzoato de Sodio**

Actúa sobre los hongos, principalmente es usado para que en la superficie del producto final, durante la comercialización o expendio, no crezcan hongos (filamentos). La dosis es de 0.05- 0.1%.

- **Propionato de Sodio o Calcio**

Son sales de Sodio o Calcio del ácido propiónico con forma muy fina y de color blanco.

Estos fueron los primeros ácidos grasos monocarboxílicos usados como agentes antimicrobianos en alimentos. Su eficacia está en relación al pH siendo 5.0 pH su actividad más óptima para la eliminación de mohos. Se caracteriza porque tiene muy poco efecto sobre las levaduras en dosis normales. Sin embargo, se usan para evitar descomposición de panadería por *Bacillus subtilis* o *B. mesentericus* ("rope"). La dosis es de 0.05-0.1%. (Calaveras, 2004).

2.2.1.7.4 Sal

La sal de cocina o cloruro sódico, constituye un elemento indispensable para la masa del pan.

- **Características:**

- ✓ De bajo costo, se usa sal tal y como se extrae de las salineras, no refinada
- ✓ En solución acuosa debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo.
- ✓ Debe contener sales de calcio y de magnesio
- ✓ Debe ser salada y no amarga.

Granulación fina poseer una cantidad moderada de yodo para evitar trastornos orgánicos, garantizar una pureza por encima del 95% y sea blanca (yodo 0.004). (M. Sánchez, 2003).

- **Funciones de la sal en la panificación son:**

- ✓ Actúa principalmente sobre la formación del gluten ya que la gliadina es menos soluble en agua con sal, obteniéndose así mayor cantidad de gluten, lo que le permite a la masa retener el agua y el gas.
- ✓ Obtención de masa más compacta que aquella que no posee sal, haciéndola más fácil de trabajar.
- ✓ La sal controla o reduce la actividad de la levadura, ejerciendo una acción bactericida no permitiendo fermentaciones indeseables dentro de la masa.
- ✓ Retarda el crecimiento de microorganismos

fermentativos secundarios como son los productores de ácido acético.

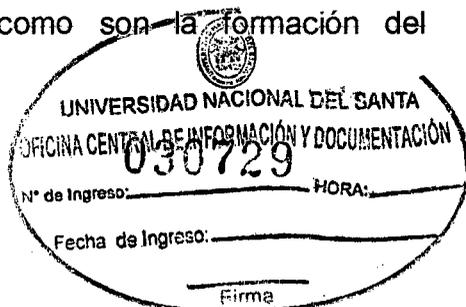
- ✓ Favorece a la coloración superficial del pan.
- ✓ Por su higroscopicidad (capacidad de absorción de agua) influye en la duración y en el estado de conservación del pan.
- ✓ Las proporciones recomendadas de sal a utilizar son: desde 1.5 hasta 3.0%. (M. Sánchez, 2003).

2.2.1.7.5 Azúcar.

Compuesto químico formado por C, H, O. En panificación se utiliza la sacarosa o azúcar obtenida de la caña o de la remolacha.

• Funciones:

- ✓ **Alimento para la levadura:** El azúcar añadido es rápidamente consumida por la levadura, mientras tanto las enzimas convierten el azúcar complejo en mono y disacárido los cuales pueden ser consumidos por la levadura, de esta manera se tiene una fermentación más uniforme.
- ✓ **Colorante del pan:** el color café característico proviene de la caramelización de los azúcares residuales que se encuentran en la corteza de la masa después que la misma ha fermentado.
- ✓ **Actúa** acentuando las características organolépticas como son la formación del



aroma, color de la superficie.

- ✓ **Aumenta** el rango de conservación ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial, retrasando el proceso de endurecimiento.
- ✓ **Ayuda** a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua. **(M. Sánchez, 2003).**

2.2.1.7.6 Grasas.

Las grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en pastelería y en la elaboración de productos de homeo. Su empleo como mejorante de las características de la masa y como conservante viene corroborado en numerosas investigaciones, este depende de su propiedad emulsionante.

El tipo de grasa presente en el pan puede tener diversos orígenes, ya sea animal, como manteca de cerdo, mantequilla o de origen vegetal como aceites y margarina. **(Carlos Arias, 2006)**

- **Características de las grasas:**

- ✓ **Rancidez**

Este efecto no deseado, se produce con glicéridos que tienen mayor instauración como la lanolina, que al tener contacto con el

oxígeno del aire produce el enranciamiento. Su olor es muy fuerte y el sabor desagradable y rancio. Sabiendo que esto se produce al contacto con el oxígeno, es importante evitar la exposición de panes y bollo durante mucho tiempo.

✓ **Sabor**

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

✓ **Color**

Son valores variables pero que se mueven en un rango pequeño. Así es:

Manteca de cerdo : Color blanco puro.

Mantequilla y Margarinas: Amarillo Dorado.

Grasa anhidras: Tonos cremas suaves.

• **Funciones de las grasas:**

- ✓ Los lípidos actúan como emulsionantes, ya que facilitan la emulsión, confiriéndole a esta mayor estabilidad respecto a la que se puede obtener solamente con proteínas.
- ✓ Retarda el endurecimiento del pan y mejora las características de la masa, pues la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda mantener fresco el pan.
- ✓ Al añadirle grasas emulsionantes a la masa se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, todo esto otorga a la miga una estructura fina y homogénea,

además, le da la posibilidad de alongarse sin romperse y retener las burbujas de gas evitando que se unan para formar burbujas más grandes.

- ✓ Mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante.
- ✓ Aumenta el valor alimenticio, las grasas de panificación suministran 9.000 calorías por kilo. **(Carlos Arias y Joel Eliaz, 2006)**
- **Los efectos que tiene al contener excesos de grasa en el pan son los siguientes:**
 - ✓ Pérdida de volumen.
 - ✓ Textura y gusto grasoso.
 - ✓ El pan tendrá características de masa nueva (fresca). **(Carlos Arias y Joel Eliaz, 2006)**

2.2.2 Materiales de Embalaje.

Un empaque es algo más que el mero medio conveniente de trasladar las piezas con seguridad al consumidor. También permite la exposición de la información sobre el tipo, peso, contenido, fabricación, precio, edad, etc., que pueda ser exigida por la ley y otros atributos más artísticos asociados con la atracción del cliente incitándole a su adquisición o para permitir su fácil reconocimiento. **(Matckovich, 2009).**

Los aspectos de “marketing” son un objetivo en sí mismos, pero, quizás sean dignos de considerarse aquí algunos puntos, ya que tienen consecuencias sobre los problemas del empaquetado. **(Matckovich, 2009).** Una proporción muy alta del producto se adquiere por un impulso, por lo que es importante que las ilustraciones y color del empaque sean atractivos y suficientemente descriptivos del

contenido. Las legislaciones se van haciendo cada vez más exigentes y han de ser expuestas cantidades considerables de información esencial de forma claramente legible.

Esto puede perjudicar aquellos diseños que podrían ser considerados como atractivos. Por tanto, el tamaño y naturaleza del empaque puede quedar determinado, hasta cierto punto por las exigencias del etiquetado. **(Matckovich, 2009).**

Los costos de composición para la impresión de los envoltorios, son sustanciales, y por tanto, es de gran importancia la atención al diseño y etiquetado. **(Matckovich, 2009)**

Los errores después de haber impreso los envoltorios, pueden ser muy costosos y pueden conducir a expedientes legales en contra de la empresa. **(Matckovich, 2009)**

La exhibición no es el único punto de vista para el diseño de la impresión. También es importante la forma de apilar los paquetes en los estantes de las tiendas. Además, el empaque debe proteger al producto de las maneras siguientes: barrera a la humedad, resistencia por deterioro mecánico, higiene y pantalla a la luz. La barrera que impide al producto la absorción de la humedad atmosférica también será adecuada en su aspecto higiénico.

La propiedad de la barrera es una combinación de la impermeabilidad a la humedad, básica de los materiales utilizados, y de la efectividad de los cierres. **(Matckovich, 2009)**

En general, los empaques se dividen en dos clases: Primarios (bolsas) y Secundarios (cajas). Los Primarios son los que hacen contacto directo con el producto y los Secundarios rodean o envuelven el interior o primario. **(Matckovich, 2009)**

Para el caso del pan de molde, el empaque utilizado es el Primario, más específicamente las bolsas, pues una vez que el pan se enfría hasta los 13°C y es rebanado, es embolsado con la finalidad de

protegerlo contra la pérdida de humedad y contra la acción del medio ambiente.

La bolsa sirve para mantener una atmósfera con presión de vapor equilibrado con la presión de vapor del producto, también para mantener las características organolépticas del producto final. La bolsa debe tener características de hermeticidad y de baja permeabilidad al vapor de agua como al oxígeno. **(Matckovich, 2009).**

Las bolsas pueden ser de dos tipos:

➤ **Polietileno (CH₂- CH₂)_n**

En forma general podemos mencionar dos tipos generales de polietileno de baja densidad (HDPE) obtenido mediante poli-emilización de metileno gaseoso con un proceso de alta presión y el polietileno de alta densidad (LDPE) obtenido por un proceso de baja presión. En el LDPE (0.91/0.92) la parte cristalina representa cerca del 50%, mientras que en el HDPE (0.94/0.96) está representado por el 80 al 95%. **(Matckovich, 2009)**

➤ **Polipropileno (CH₂ – CH – CH₃)**

Se obtiene con un proceso similar al HDPE, con una polimerización del etileno gaseoso a baja presión, se dan de tres tipos: Polipropileno no orientado, orientado y lacado.

El polipropileno no orientado es el material adecuado para las bolsas del pan de molde. Se obtiene por extrusión plana, tiene bajo peso específico. **(Matckovich, 2009).**

Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170 ° C) lo cual permite autoclavado. **(Matckovich, 2009)**

Las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis, además está calificada en las normas europeas para estar en contacto con los alimentos. Aun cuando el material de la bolsa tenga óptimas condiciones de impermeabilidad y la bolsa ha sido bien fabricada protegiéndola herméticamente en los extremos del corte, todo ello será insuficiente si el sellado o amarre de la bolsa no es el adecuado.

(Matckovich, 2009)

En la industria de la panificación, específicamente para pan de molde, existen diferentes formas y modos de sellar o amarrar las bolsas: Sellado manual con cinta adhesiva en varias vueltas, Sellado semi manual con cinta adhesiva en una vuelta. También existen los alambres plastificados o anillos metálicos. Sea cual fuera el medio de sellado lo importante es mantener la hermeticidad de la bolsa para preservar la atmósfera interna.

(Matckovich, 2009).

2.3 PROCESO TECNOLÓGICO

Consta de las siguientes etapas:

2.3.1 Recepción:

La recepción debe realizarse en un ambiente independiente del área de panificación, porque es en esta zona donde va llegar la materia prima que puede estar contaminada y puede contaminar el ambiente de proceso. Es conveniente que en la etapa de recepción se tenga diferenciadas las fechas de entrada de los insumos, así mismo su fecha de elaboración y vencimiento. Esta área debe ser fresca y ventilada. **(Calaveras, 2004)**

2.3.2 Formulación para el pan de molde:

Se debe tener en cuenta el producto a fabricar y la calidad de las materias primas, determinara en qué proporción entraran los diferentes ingredientes. Si no se diseña una formula equilibrada, de nada valdrá realizar un trabajo correcto de amasado y los resultados serán funestos. Muchas veces estas formulaciones se tienen en cuenta los datos obtenidos en la bibliografía, pero en principio se debe determinar el tipo de pan de molde (pan de molde blanco, pan de molde integral, por ejemplo). **(Matckovich, 2009)**

2.3.3 Pesado de materia prima e insumos:

Permite conocer con exactitud la materia prima e insumos que se va utilizar de acuerdo y en exactitud a la formulación realizada, pues una falla en esta etapa podría reflejarse en el producto final. Con esto se podrá determinar el rendimiento del producto final como evaluar los costos. Se efectúa con cualquier tipo de balanza de capacidad adecuada a las centenas y decenas de gramo. La forma de pesar puede ser en los mismos empaques en los que los insumos llegan a planta o pesándolo en los empaques adecuados en la fábrica que se puede manejar y luego ser mezclados para la masa. **(Matckovich, 2009)**

2.3.4 El amasado y su importancia:

El proceso de elaboración del pan tiene diversas fases en que la correcta realización de ella marcara la calidad y características finales del producto. Esta fase del amasado, aunque muchos panaderos ignoren es de vital importancia para la consecución de un buen producto. El amasado es una operación mediante la cual los distintos

componentes de la masa – harina, agua levadura, sal y aditivos se fusionan formando un solo cuerpo. Se busca la unión uniforme de todos los insumos de la masa, formar y desarrollar adecuadamente el gluten de la masa. La preparación de la masa se debe seguir rigurosamente para obtener un buen resultado. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Fases del amasado:**

El proceso de formación de la masa se divide en varias fases diferenciadas, conforme sigue:

- **Fresado:**

Corresponde a la mezcla progresiva de los ingredientes y se realiza a velocidad lenta. Durante este periodo, se inicia la hidratación de las partículas de harina. Se mantiene la velocidad lenta hasta que la masa presente una cierta ligazón y no debiera prolongarse salvo ciertas excepciones. **(Calaveras, 2004)**

- **Rotura y estirado:**

Cuando la masa está ligada los brazos amasadores estiran la masa, rompiéndola y los fragmentos son lanzados contra las paredes. Este trabajo va desarrollando progresivamente la malla de gluten, lo que se manifiesta en la masa para una mayor cohesión dejándose estirar mucho más antes de romper. **(Calaveras, 2004)**

- **Soplado u oxigenado:**

Cuando la masa se deja estirar al máximo, atrapa aire con facilidad. El oxígeno queda disuelto en la masa, y se forman

burbujas que son esenciales para el desarrollo de la estructura esponjosa de la masa fermentada finalizando el amasado, tendremos una masa con elasticidad y extensibilidad deseadas de aspecto fino y liso, y muy flexible. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Método de preparación de la masa:**

Existen básicamente tres: método esponja-masa, método directo y mixto.

Dentro de ellos debemos considerar la incidencia del amasado, ya que para una misma amasadora, según la intensidad y duración de sus fases, obtendremos un producto de características diferentes:

- Para conseguir un pan voluminoso de corteza fina y miga blanca, el amasado será prolongado, intensivo incorporando la sal al final.
- Para obtener un pan de volumen medio, corteza gruesa y miga color crema, deberá acortarse el amasado, añadiendo la sal al principio y trabajando siempre a velocidad lenta.
- Para que el pan tenga miga alveolada irregularmente, de color crema, y corteza crujiente, amasaremos unos 5 minutos a primera velocidad (amasadora de brazos). Dejaremos reposar la masa de 10 a 15 minutos, terminando después el amasado con otros 15 minutos también en primera velocidad **(Calaveras, 2004)**

✓ **Método directo:**

Se mezclan directamente los ingredientes sin que se añadan otra masa elaborada previamente. La siembra de fermentos se realiza añadiendo levadura prensada. Seguido por el artesano en épocas de calor, se ha

extendido con el procedimiento habitual en la mayor parte de las panificadoras industriales. **(Calaveras, 2004)**

✓ **Método esponja-masa:**

La masa se prepara en 2 fases sucesivas. Primero se amasa una parte de la harina (25%) y los ingredientes proporcionalmente correspondientes su amasado se deja reposar durante 2 a 3 horas, en función de la cantidad de la levadura incorporada y de las condiciones ambientales de la sala de fermentación. Muy utilizado en la fabricación de pan de molde tipo inglés. Se obtiene masa de gran desarrollo y se ahorra levadura. No obstante se corre el riesgo de que las masas resulten demasiados tenaces. **(Calaveras, 2004)**

✓ **Método mixto:**

En la preparación de la masa, además de la harina, el agua, levadura, la sal y el aditivo, se añade una porción de una masa previamente fermentada o masa madre. La proporción de masa variará según la época del año, así como de la fuerza de la harina:

Verano : entre 5 y 15%

Invierno : del 20 al 30%

(Proporciones expresadas en relación la cantidad de harina empleada en la preparación de la masa final). **(Calaveras, 2004)**

2.3.5 División o corte y Pesado:

El objeto de esta operación es asegurar un tamaño uniforme y el mismo rendimiento de cada masa. Después de mezclada la masa, el primer paso en la elaboración es el corte, que se puede realizar con el

uso de una divisora o en forma manual, dependiendo el tipo de pan que se elaborará. **(Matckovich, 2009)**

En el caso del pan de molde, la división ideal es la manual o la hidráulica, para la cual luego del amasado se procede a cortar en piezas de un peso determinado, luego se procede al boleado. **(Calaveras, 2004)**

2.3.6 Boleado y Moldeado:

El boleado tiene por objeto acondicionar la masa para el moldeo. Se realiza apretando suavemente cada pieza de masa con la palma de la mano y dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro, sin hacer demasiada presión para evitar que se desgarre. Las piezas se dejan en reposo durante 15 o 20 minutos. Durante esta etapa se desarrolla una película delgada en la superficie de la bola y aumenta un poco de tamaño y elasticidad. Luego se procede a estirar ligeramente la masa y darle una forma más alargada, para que de esta manera ocupe un mayor espacio en moldes para pan y así darles la forma definitiva. **(M. Sánchez, 2003).**

2.3.7 Fermentación:

Esta operación tiene por objeto la producción de CO₂, alcohol y otros componentes aromáticos, permitiendo obtener un producto de buen volumen, olor y sabor. **(M. Sánchez, 2003).**

➤ Fermentación controlada:

Se entiende como fermentación controlada a la acción de controlar a nuestra voluntad la fermentación de una masa destinada a la fabricación de pan mediante una combinación de temperaturas del

frio al calor. Algunas de las ventajas que aporta aplicar la fermentación controlada en una panadería son:

- Evitar trabajo nocturno. Se puede elaborar el pan de día y se hornea a la hora deseada.
- Posiblemente un ahorro de levadura al poder programar en la cámara el tiempo de fermentación deseado.
- Mejorar la conservación y sabor del producto final al poder disponer de un largo tiempo de fermentación.
- Posibilidad de disponer de pan caliente en el punto de venta durante un mayor margen de tiempo aplicando el sistema dormilón que detiene parcialmente la fermentación de una masa una vez lista para su cocción. **(M. Sánchez, 2003).**

➤ **Proceso:**

El proceso consiste en la transformación de algunos almidones rotos presentes en la harina en azúcares fermentables los cuales producirán anhídrido carbónico y alcohol por la levadura. Este proceso es posible gracias a las enzimas que se encuentran tanto en la harina como en la levadura. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Temperatura de bloqueo:**

Es la temperatura que debe tener la cámara al introducir la masa debe ser -8°C para lograr un efecto de choque que no permita reaccionar a la levadura (la levadura en una masa de pan empieza a reaccionar a partir de los 4°C). La temperatura de bloqueo durará hasta que el interior de la masa alcance los 2°C . Si la cámara no permite alcanzar -8°C utilizaremos la mínima temperatura que nos permita el equipo de enfriado. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Temperatura de mantenimiento:**

Es la temperatura que deberá existir en el interior de la cámara desde que termina la temperatura de bloqueo hasta que empieza el ciclo de fermentación y será de entre 0°C y 2°C. **(Calaveras, 2004).**

➤ **Temperatura de fermentación:**

Es la temperatura que deberá alcanzar la cámara al finalizar el mantenimiento y oscilara entre los 20°C y 28°C (ni aun trabajando sin fermentación controlada es recomendable fermentar a más de 30°C). El cambio de temperatura de mantenimiento a fermentación no debe ser brusco para así evitar que fermente solamente la parte exterior de la masa, si no que será paulatino para conseguir una fermentación por igual en toda la pieza. La humedad de la cámara en esta etapa será entre 75 a 85%. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Efectos de la temperatura y humedad:**

Durante la etapa de fermentación es preciso que la graduación de la temperatura no varié mucho, ni por encima ni por debajo de la temperatura óptima de la masa que se sitúa en los 25°C (puede ser por debajo en los procesos de fermentación controlada). Cuando la temperatura de fermentación supera los 31°C, se produce una desproporción en la fermentación de la masa, fermentando más en la parte externa que en la interna, lo que provocara que la corteza se cuartee y se desprenda gas. El aroma y sabor también se verán afectados por una temperatura superior a los 31°C ya que, a esta esta temperatura se desarrollan progresivamente las fermentaciones secundarias (ácida, láctica y butírica) que, si bien son positivas, cuando se producen en exceso provocan un sabor

negativo. **(Calaveras, 2004)** Es recomendable antes de aumentar exageradamente la temperatura de fermentación añadir más cantidad de levadura. Por otro lado, cuando la temperatura de fermentación es inferior a 25°C , la masa además de fermentar más lentamente, va perdiendo fuerza y tenacidad.

Por ello, hay que tener en cuenta que cuando utilizan las técnicas de la fermentación controlada o se somete a la masa al frío para ralentizar la fermentación, hay que dotar de fuerza a la masa para compensar el equilibrio y la pérdida de fuerza. La humedad relativa de la cámara o del lugar donde se desarrolle la fermentación ha de estar bien regulada, ya que, si el ambiente es muy seco, la masa se cortará y si es muy humedad la masa se volverá pegajosa. La humedad ideal será la resultante de la suma de la hidratación de la masa más la humedad de la harina (ejemplo: si a una masa se le ha añadido el 60% de agua y la harina contiene un 15% de agua, la humedad ideal será de 75%), de esta forma ni se cortará ni se volverá pegajosa. **(Calaveras, 2004)**

2.3.8 Horneado:

Cocinar es preparar los alimentos hasta lograr cambios en su sabor, suavidad, apariencia y composición química. El proceso efectivo para hornear es en realidad el último y el más importante paso en la producción de los productos de panadería. Mediante la acción de calor, la masa de pan se transforma en un producto ligero, poroso, fácilmente digerible y muy apetitoso. La tecnología de homeado forma los granos más bien insípidos, en productos atractivos para los cuales no hay contratitos en la naturaleza. **(Calaveras, 2004)**

➤ **Principales cambios que ocurren durante el horneado:**

- A medida que la masa entra en el horno caliente encuentra la atmósfera caliente de la cámara de horneado y se forma una película visible sobre la superficie de esta, a continuación se desarrolla la elasticidad en el horno durante la cual se produce la expansión del volumen de masa que llega a ser hasta un 30%.
- Esta elasticidad que se consigue en el horno es consecuencia de una serie de reacciones presentándose el efecto puramente físico del calor sobre los gases.
- Otro efecto del calentamiento es reducir la solubilidad de los gases.
- El hinchado de almidón va acompañado de la absorción de agua y de los otros ingredientes de la masa.
- El sistema de enzimas se destruye.
- A medida que el horneado continúa, el incremento de la presión por expansión de gases en la masa cambia poco a poco, el sistema de almidón se estabiliza, las condiciones internas de tensión se relaja y ocurre una disminución de la presión. **(Calaveras, 2004)**. La elasticidad que se produjo al principio del ciclo de horneado se estabiliza y la corteza muestra gradualmente un color café dorado que va acompañado por texturas y aromas agradables. **(Calaveras, 2004)** El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 220 a 275°C, la duración:
 - 45 - 50 min. pan de 200 gr.

- 30 - 40 min. pan de 900 gr.
- 20 - 30 min. pan de 500 gr.

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción. (Calaveras, 2004). Además, ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100°C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.). A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor del agua, debido a la temperatura del horno, la masa sufre rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5 - 10 min.) variable con el peso, la forma y la calidad de la masa. El desarrollo de la masa está relacionado con tres factores, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa, y su capacidad de retención del gas. (Calaveras, 2004).

A temperatura inferior a 55°C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; sólo alcanza los 65°C la actividad de la levadura seca y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón. El almidón degrada a las dextrinas, mono y disacáridos a las altas temperaturas que se expone la parte externa de la masa. También se produce pardeamiento no enzimático proporcionando así el dulzor y el color de la corteza. (Calaveras, 2004). En la superficie del pan se produce un endurecimiento por desecación (corteza) y un pardeamiento no enzimático. Este

pardeamiento va acompañado de la formación de compuestos odorantes. La cocción da lugar al aroma de la corteza. El aroma de la fermentación está enmascarado por el aroma formado en las reacciones de Maillard y las de caramelización o formación de meloidinas. **(Calaveras, 2004)**

2.3.9 Enfriado:

Tiene por objeto darle un enfriamiento adecuado al pan, para que no se produzca una deshidratación que provocaría el endurecimiento de la miga y el ablandamiento de la corteza, su textura se vuelve correosa y viscosa con lo que se pierde la fragilidad característica. El pan sale del horno con su miga a una temperatura ligeramente inferior a 100°C y con un 45% de humedad en su centro. La corteza está más caliente pero mucho más seca (1 – 2% de humedad). Si la desecación es muy intensa durante el enfriamiento se produce mucha pérdida de peso y de las características de la miga, por lo que la temperatura óptima de enfriamiento es no menor a 13°C.

2.3.10 Rebanado y embolsado:

El rebanado se realiza cuando el pan está a una temperatura no menor a los 13°C, pero previamente debe ser rebanado utilizando la cortadora de pan. Algunas investigaciones sugieren que alcanzada en el interior del pan la temperatura de 33°C, ya se puede empaquetar. Si la temperatura es superior a esta, se produce una condensación gradual sobre la superficie de la bolsa, que será posteriormente un caldo de cultivo apropiado para el desarrollo de los hongos. **(Calaveras, 2004)**

En esta etapa del proceso se utilizan bolsas de polipropileno no orientado con una abertura en uno de los lados que permita llenar con facilidad las bolsas. Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170°C) lo cual permite autoclavado. Las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis. En el momento del envasado se deben verificar que las bolsas no estén rajadas, ni deformes, limpias y desinfectadas. El llenado se realiza en forma rápida, se coloca inmediatamente el cierre (cinta) y se procede a almacenar el pan. **(Calaveras, 2004)**

2.3.11 Almacenamiento:

El almacenamiento en esta etapa en la que se le debe brindar las condiciones necesarias para que el pan tenga un periodo de vida más prolongado. El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización. La temperatura ambiente también influye en el crecimiento superficial de hongos, siendo la temperatura óptima para su desarrollo la de 30°C. Conociendo este dato hay que mantener el pan, en la medida de lo posible, a temperatura en torno a 20°C. Además las bolsas no se deben apilar una sobre otra, pues esto podría causar daños en la forma del pan. **(Calaveras, 2004)**

2.3.12 Evaluación Sensorial:

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc., que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones, lleva consigo un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos.

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos, hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas características de un alimento o material. (American Society for Testing and materials, 1980-citado por Jimenez R., 2000). La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos, y reproducibles tanto sobre los aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante es la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia, textura, etc. **(Calaveras, 2004)**

2.4. EVALUACIÓN BIOLÓGICA

La evaluación Biológica se realiza con la finalidad de conocer el valor nutritivo de la proteína que puede asimilar nuestro organismo. Los parámetros utilizados comúnmente en la evaluación biológica son los siguientes:

2.4.1 Relación de eficiencia proteica (PER)

Este método fue determinado por **OSBORNE (1991)** y es quien introdujo por primera vez la eficiencia de la proteína suministrada y la cuantifica con la relación de la cantidad de ganancia de peso por g. de proteína consumida originalmente esta prueba de desarrolla con distintos niveles 0% de proteínas, pero en la actualidad se recomienda trabajar con 10% de proteínas para ratas en crecimiento. Para el ensayo se utiliza ratas de 21 – 23 días de nacido sexo masculino en un numero de 10 ratas; el tiempo de duración del ensayo es de 28 días **(citado por Elsa Aguirre, 1997)**

$$PER = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Proteína consumida}}$$

2.4.2 Valor Biológico

El valor biológico (BV) es una escala de mediciones utilizadas para determinar qué porcentaje de una fuente dada de nutriente es utilizada por el cuerpo. Valor biológico es derivado tomando en cuenta una proteína ingerida como medida base, calculando el nitrógeno contenido en ella (ingreso) versus el nitrógeno excretado (salida). **(Marek Dominiczak)**

$$BV = \frac{(\text{grs N. inger.}) - (\text{grs. N. heces} + \text{grs. N. orina})}{(\text{grs. N. ingerido}) - (\text{grs. N. heces})} * 100$$

2.4.3 Digestibilidad aparente (Da)

Se realiza sobre la base del método clásico de Tomas y Mitchell (1924) la digestibilidad aparente está dada por la relación entre el nitrógeno absorbido por el animal de prueba y el contenido en el alimento **(citado por Elsa Aguirre, 1997)**

Se utilizan 6 ratas Holtzman machos de 21 días de edad, de un peso vivo de 40 – 46 g. los cuales se colocan cada uno en jaulas metabólicas independientes, se administra diariamente 10g de dieta experimental durante 7 días, recolectándose además las heces diariamente y determinando así el contenido de nitrógeno.

$$D = \frac{\text{Nitrogeno ingerido} - \text{nitrogeno heces}}{\text{Nitrogeno ingerido}} \times 100$$

2.5 CONTROL DE CALIDAD

2.5.1 Conceptos fundamentales

2.5.1.1 Calidad

La Norma NTP – ISO 8402 – INDECOPI (1994) define la calidad como la totalidad de características de una entidad (aquello que puede ser descrito, considerado individualmente) que le confieren la capacidad para satisfacer necesidades implícitas y explícitas. La calidad son las características de un producto o servicio que sea necesario para satisfacer las necesidades del cliente o para alcanzar la aptitud para el uso de una característica de calidad.

Cuando se tratan de productos, las características son casi técnicas, mientras que las características de calidad de los servicios tienen una dimensión humana.

2.5.1.2 Control de calidad

Según Norma NTP – ISO 8402 – INDECOPI (1992), el control de calidad se define como las técnicas y actividades de

carácter operativo utilizadas para cumplir los requisitos para la calidad. Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor. El control de calidad moderno utiliza métodos estadísticos para alcanzar esta meta, preciso que en la empresa todos promuevan y participen en el control de calidad, incluyendo en estos a los altos ejecutivos así como a todas las divisiones de la empresa y a todos los empleados.

2.5.1.3 Requerimientos Básicos

Para lograr una industrialización completa del pan de molde se precisa un local y como en todo sistema de procesamiento de alimentos, la necesaria sanidad e higiene industrial. En nuestro país el control sanitario de establecimientos de fabricación y almacenamiento de alimentos y bebidas lo realiza el Ministerio de Salud a través de la Dirección de Salud Ambiental, quienes fijan los niveles de calidad y seguridad del producto. Esta institución establece en el reglamento sobre vigilancia, control sanitario de los alimentos y bebidas que en el local donde proceden alimentos existan las condiciones apropiadas para manipularlos. (Calaveras, 2004)

2.5.2 Principales Defectos en los Productos de Panificación

El control de calidad en la industria de fabricación de productos de panadería, se inicia con la descripción de los procesos de elaboración de pan y los análisis de control de calidad que requieren las materias primas utilizadas en estos procesos.

El proceso e insumos deberán ser de calidad para obtener un producto óptimo que tenga la aceptación de los consumidores. Los análisis que se realizan en el laboratorio son: Análisis fisicoquímicos y organolépticos, efectuándose principalmente el porcentaje de humedad, acidez, pH, determinaciones de azúcares reductores y otros que requieran los productos terminados. **(Alicia Hernández, 2007)**

2.5.3 Deterioro del Producto de Panificación

Como producto de panadería, los panes están compuestos por una masa de harina fermentada y homeada, conteniendo además azúcar, yema de huevo, manteca y otros. Entonces, el pan, por sus características de composición y presentación está sujeto a vencimiento debido al deterioro ocasionado por interacción de varios factores:

- Los componentes de almidón de la harina estarán sujetos a cristalización o retrogradación.
- El componente graso a enranciamiento.
- La humedad y el peso disminuirán.
- El aroma y sabor característico se perderá gradualmente.
- Podrá sufrir daño físico por aplastamiento.
- Determinantemente habrá un deterioro microbiológico por el desarrollo de hongos contaminantes y otros microorganismos. **(Microbiología Industrial, 2007)**
- Principales problemas por deterioro en los productos de panadería están dados por diferentes agentes tales como:

2.5.3.1 Pérdida de Humedad y Peso

Los empaques de los panes de molde, generalmente indican que el producto está sujeto a pérdida de humedad y peso, conforme transcurre el tiempo. Pruebas de laboratorio muestran que la humedad de pan de molde envasado podría variar de 38 a 42% a 25°C. **(Calaveras, 2004)**. La pérdida de humedad está dada por la diferencia de presiones de vapor entre la superficie del producto y del medio circundante.

Por tanto, debe considerarse que el empaque del pan de molde debe permitir que se mantenga el equilibrio de presiones de vapor entre el producto y la atmosfera inmediata. **(Microbiología Industrial, 2007)**

2.5.3.2 Alteración de la grasa

El componente graso del pan de molde está dado por manteca vegetal aunque también puede ser mantequilla o huevo dependiendo de la formulación utilizada. Las grasas como triglicéridos se deterioran por acción de las enzimas proteolíticas como la lipasa, se hidrolizan a los triglicéridos, liberando ácidos grasos, que le confieren al producto sabores y aromas desnaturalizantes. **(Microbiología Industrial, 2007)**

2.5.3.3 Pérdida de Aroma

Los factores aromáticos del pan de molde y de los productos horneados se originan por la interacción de los ingredientes que durante el amasado, la fermentación y horneado, forman compuestos solubles y volátiles que dan al producto el aroma

típico que lo caracteriza. El aroma de los panes de molde puede afectarse por las siguientes razones:

- Alteración del componente graso por acción de lipasas, lipooxigenasas y del oxígeno.
- Alteración de los ácidos cítricos que pueden estar presentes como parte de la formulación del producto.
- El control de estos agentes de deterioro debe considerar que tanto las lipasas como las lipooxigenasas deben tener origen microbiano por contaminación posterior al horneado, pues las temperaturas altas a que se somete la masa había desnaturalizado. **(Microbiología Industrial, 2007)**

2.5.3.4 Falta de Acidez

El pH del pan con valores entre 5.7 y 5.9 o superiores, facilita la proliferación microbiana, no solamente la producida por mohos sino también por ahilamiento. La reducción de pH por fermentación prolongada o por la adición de algunos reguladores de pH favorece un tiempo mayor de conservación. Por otro lado, los conservantes tienen su máxima actividad en un medio ácido. **(Microbiología Industrial, 2007)**

2.5.3.5 Deterioro Mecánico

Durante el almacenamiento y distribución del producto existe el riesgo de daño mecánico por aplastamiento de rumas ya sea en forma estática por el propio peso de las bolsas y la presión que ejercen sobre los envases de la parte inferior o durante el transporte por los efectos adicionales producidos

por los arranques, frenados y la naturaleza irregular de los caminos.

2.5.3.6 Recomendaciones:

Entre los principales requisitos, para un Programa de Control de Calidad en el Proceso de Productos de Panadería, podemos mencionar:

- El control de calidad estará a cargo de personal calificado y debidamente capacitado.
- Las responsabilidades de control de calidad deben estar claramente definidas.
- La alta dirección de la empresa debe estar comprometida con la tarea del aseguramiento de la calidad.
- Inspeccionar continua y periódicamente la materia prima a insumos, así como aditivos necesarios para la fabricación del producto.
- Se deben guardar todos los informes acerca de los análisis realizados, los cuales deben ser registrados oportunamente, previamente preparados para brindar información rápida, concreta y puntual. En el caso del pan de molde entonces, imprescindible conocer la harina y su calidad, así como el estado de los demás ingredientes.
- Control adecuado del proceso y de todas sus fases, cumpliendo con los parámetros y estándares predeterminados.
- Debe implementarse programas de limpieza, prevención y lucha contra plagas.
- Debe a su vez, considerarse un adecuado programa de capacitación al personal, en adecuadas condiciones de

higiene y manipuleo para un adecuado desenvolvimiento en su labor, lo cual reanudara directamente en la calidad del producto.

- Es importante, por último, mantener actualizado el plan de control de calidad, el cual debe ir adaptándose a los cambios y modificaciones que pueda sucederse en planta.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Composición y Análisis de Productos Agroindustriales de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del área de panificación de la Planta Piloto Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Química Analítica de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.
- Instituto de Investigación de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial – Universidad Nacional del Santa.

3.2 Materiales

3.2.1 Materia prima:

Para la producción de pan de molde se utilizó como materia prima:

- Harina de trigo para panificación, Nicollini, adquirido en Comercial D'GOBA E.I.R.L.
- Harina de Quinoa. Obtenida de granos adquiridas en el "Mercado La Perla"

- Harina de Cañihua. Obtenida de granos adquiridas en el “Mercado La Perla”
- Chía, adquiridas en el “Mercado La Perla”

3.2.2 Insumos:

Para la producción de pan de molde se utilizó los siguientes insumos:

- Azúcar refinada, adquirida en Comercial “Ancash” S.A.C.
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) seca-instantánea, Fleishman, adquirida en Comercial “Julissa” E.I.R.L.
- Manteca vegetal “Gordito”, adquirida en Comercial “Julissa” S.A.C.
- Sal de cocina-yodada, adquirido en el “Mercado La Perla”.
- Huevos pardos - “La Calera”, adquiridos en el “Mercado La Perla”

3.3 Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales:

Fueron necesarios para la realización de este trabajo de investigación los siguientes equipos e instrumentos, materiales y reactivos:

3.3.1 Equipos e instrumentos:

- Amasadora - sobadora marca NOVA, modelo k25, capacidad 40 kg.
- Balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254.
- Cámara de fermentación NOVA, modelo MAX 1000.
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400.
- Digestor de proteínas.
- Estufa marca Blue-M, modelo SW-17TC-1
- Homo rotatorio por convección marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Mufla marca Thermolyne.
- Rebanadora de pan marca NOVA, modelo ESTANDAR.
- Set para extracción de grasas Soxhlet.
- Balanza gramera marca CAMRY, modelo EK2151H, d= 1 g
- Bioterio (jaulas individuales)
- Refrigeradora

3.3.2 Reactivos:

- Agua destilada
- Solución de hidróxido de sodio (0.1N y 0.01N)
- Etanol (96 °)
- Ácido sulfúrico (96%)
- Ácido clorhídrico, 37% (v/v)
- Ácido bórico 4%
- Rojo de metilo

3.3.3 Materiales de Vidrio y Otros

- Tubos de ensayo de 100 ml
- Placas Petri
- Pipetas de 10 ml
- Matraz de 250 ml y 100 ml
- Vaso de precipitación de 500 ml
- Bureta graduada
- Agitador de vidrio
- Probeta de 100 ml
- Capsula de porcelana
- Papel filtro
- Crisol
- Campana desecadora, etc

3.4 Métodos:

3.4.1 Caracterización de las harinas de trigo, harina integral, quinua y Cañihua

La caracterización se realizó individualmente a la harina de Trigo, harina de Quinua, Harina de Cañihua y a las formulaciones de los panes. Los análisis se realizaron en el instituto de investigación tecnológica agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa. Los análisis que se realizaron fueron los siguientes:

- 3.4.1.1 Humedad:** Se determinó según la N.T.P 205.037:1975 (Revisada el 2011); harinas. Determinación del contenido de humedad.
- 3.4.1.2 Proteína:** La determinación de la proteína total se realizó según el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011); cereales y menestras. Determinación de proteínas Totales (Método de Kjeldahl), utilizando 6.25 como factor para la mayoría de cereales y 5.70 como factor para el trigo.
- 3.4.1.3 Grasas:** se utilizó el equipo Soxhlet, usando hexano como solvente. Metodología de la Asociación oficial de Químicos analistas (AOAC) 963.15 2005, método Soxhlet.
- 3.4.1.4 Ceniza:** se realizó por la incineración de la materia orgánica en una mufla; siguiendo la metodología por la N.T.P 205.038:1975 (Revisada el 2011): Harinas. Determinación de Cenizas.
- 3.4.1.5 Fibra:** se determinó después de la hidrolisis acida y luego hidrolisis alcalina; siguiendo la metodología por la AOAC (930-10).
- 3.4.1.6 Carbohidratos:** se obtuvo por diferencia, restando del 100% la suma de los porcentajes de humedad (H), ceniza (C), grasas (G), Proteínas (P), y fibra (F). Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalada por Collazos et al (1993). Usando la fórmula: $\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (H + C + G + P + F)$
- 3.4.1.7 Colorimetría:** Para la determinación del color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (Marca KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE – LAB, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/ Blanco 100), a* (verde- / rojo+) y b* (azul- / amarillo+). La cromaticidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.4.2 Cómputo Químico

El patrón que se utilizó para el cómputo químico de aminoácidos fue el grupo de adultos (mayores de 18 años), según FAO 2007.

$$CQ = \frac{\text{mg de a.a en 1g de N de la proteína del alimento}}{\text{mg de a.a en 1g N de la proteína de referencia}}$$

El score químico o computo químico se expresó como la cantidad (mg) de aminoácido esencial por gramo de la proteína en estudio en relación con la cantidad del mismo compuesto en la proteína de referencia (g), es decir, el patrón aminoácido establecido. El resultado se expresó de manera porcentual. El valor más bajo que corresponde al score y el aminoácido que lo produce se denomina "primer limitante". El valor obtenido para cada aminoácido mayor a 100% expresa una proteína completa.

3.4.3 Planeamiento Experimental

3.4.3.1 Metodología de Superficie de Respuesta (MSR)

Con el fin de encontrar la mejor formulación de la pan de molde integral enriquecido se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) (Rodríguez y Lemma, 2005).

3.4.3.2 Diseño de Box-Behnken

Ha creado un diseño Box-Behnken de 3 niveles: El cual estudiará los efectos de 3 factores en 15 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

El número de experimentos requeridos (N) es definido por la expresión $N=2k(k-1) + CO$, donde k es el número de factores y CO es el número de puntos centrales.

Cuadro 10: Valores mínimos y máximos de los factores

<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Continuo</i>
QUINUA	5	10	%	Sí
CAÑIHUA	10	15	%	Sí
CHIA	2	5	%	Sí

Cuadro 11: Matriz experimental

TRATAMIENTO	QUINUA	CAÑIHUA	CHIA	PROTEINA	COLOR	TEXTURA	VOLUMEN
	%	%	%				
1	7.5	12.5	3.5				
2	7.5	10	5				
3	7.5	15	2				
4	7.5	12.5	3.5				
5	10	10	3.5				
6	7.5	15	5				
7	5	12.5	5				
8	7.5	10	2				
9	5	12.5	2				
10	5	10	3.5				
11	7.5	12.5	3.5				
12	10	12.5	2				
13	5	15	3.5				
14	10	15	3.5				
15	10	12.5	5				

3.4.4 Procedimiento para la elaboración de pan de molde

El procedimiento para la elaboración de pan de molde estuvo descrito por las siguientes etapas:

3.4.4.1 Método de Elaboración de Pan de Molde Estándar:

Se incorpora todos los componentes necesarios en la amasadora para el procesamiento del pan de molde. Siempre se trabaja en la primera velocidad para tener un mejor control de la temperatura de la masa.

El tiempo de amasado depende de cuando la masa toma el punto "liga o gluten", el que nos indica cuando la masa está lista y posteriormente se detiene el amasado. Luego se procede a la división en masas cuya finalidad es obtener una mayor superficie de contacto con la temperatura del ambiente, que facilite el enfriamiento de la masa. El boleado se realiza de forma manual, apretando suavemente la porción de masa y dando un ligero movimiento de rotación hacia dentro, hasta que se obtenga una forma esférica y una superficie lisa. Se deja reposar, luego se corta le da forma elíptica a cada uno. Finalmente se les coloca en sus respectivos moldes. Éstos se colocan en un coche o carrito panadero, luego ingresan a la cámara de fermentación a una humedad relativa de 69% y 31 °C de temperatura por un tiempo aproximado de 1 hora y 40 minutos, este tiempo depende del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde. La altura que se recomienda es los $\frac{3}{4}$ del molde, pues en el horneado termina por crecer aún más. El objetivo de esta etapa del proceso, es obtener un volumen adecuado de la pieza.

Luego se colocan los moldes en el horno rotatorio a una temperatura de 140 °C por un tiempo de 45 minutos.

Luego de ser homeados, los panes son sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías, y llevadas a una zona fresca, seca y libre de contaminación.

Los panes son rebanados y luego envasados en bolsas polipropileno litografiadas selladas con un amarre.

Finalmente se procede a almacenar a temperatura ambiente.

Cuadro 12: Fórmula para un pan de molde estándar

INSUMOS	%	g
Harina especial	100	1,000
Mejorador Enzimático	1	0,010
Antimoho	0,3	0,003
Sal	2	0,020
Azúcar	8	0,080
Agua	50	0,500
Levadura seca	2	0,020
Manteca	10	0,100
Emulsionante	1	0,010

Fuente: Elaboración propia

a. Recepción:

El procedimiento en esta etapa está marcado por la llegada de la materia prima e insumos al área de proceso, la cual deberá ser debidamente evaluada su calidad minuciosamente.



FIGURA 06: Recepción de la materia prima e insumos.

b. Pesado:

En esta etapa se pesan las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo. Operación que se realizó en una balanza. Esta operación permitió determinar la cantidad de materia prima que ingresa, además podemos determinar el rendimiento final y cuando se va perdiendo en cada proceso.



FIGURA 07: Pesado de la materia prima e insumos

c. Amasado y Sobado:

Para cada formulación los ingredientes fueron mezclados en una amasadora-sobadora mecánica marca NOVA, modelo k25, capacidad de 40kg, el tiempo de mezcla en velocidad lenta fue de 5 min y luego se procedió a monitorear el tiempo hasta que se produjo el desenvolvimiento del gluten (formación del punto liga o gluten) el cual indica que la masa esta lista.

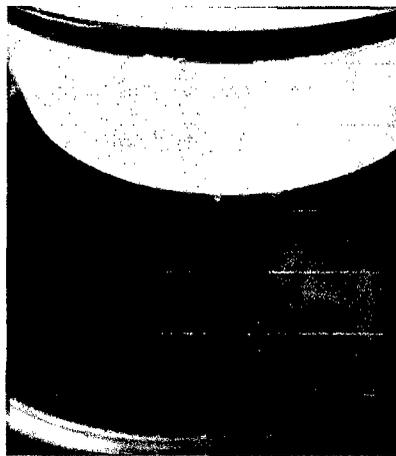


FIGURA 08: Amasado – sobado

d. Boleado y Moldeado:

Previo al boleado la masa fue dividida en porciones de 650gr para tener mayor superficie de contacto con la temperatura ambiente, luego se realizó el boleado de forma manual, apretando suavemente la porción de masa dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro, hasta que se obtuvo una forma esférica y una superficie lisa, después se dejó la masa reposando por un periodo de 15min, se le dio forma elíptica y las porciones fueron puestas en el molde previamente untados de manteca.

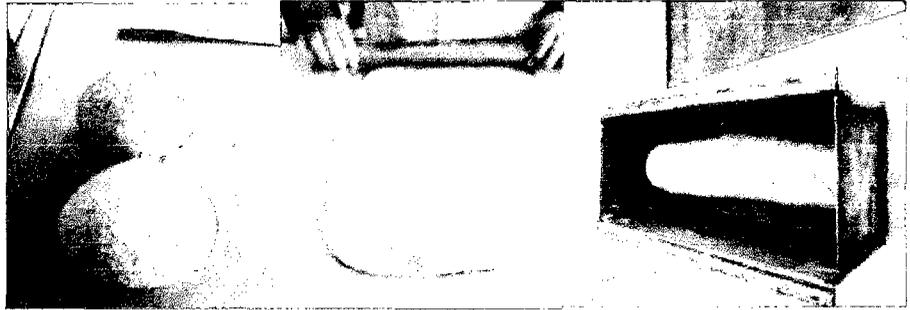


FIGURA 09: Boleado y moldeado del pan de molde

e. Fermentación:

La masa luego fue mantenida en la cámara de fermentación (marca NOVA, modelo MAX 1000) en condiciones de 28 °C y 69% HR; el tiempo en cada ensayo dependió del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde para lo cual hubo monitoreo continuo.



FIGURA 10: Fermentación del pan de molde.

f. Horneado:

Las masas fueron colocadas en el horno (marca NOVA, modelo MAX 1000) a 140 °C por 45min.



FIGURA 11: Horneado del pan de molde.

g. Enfriamiento:

Los panes fueron sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías en una zona fresca, libre de contaminación.



FIGURA 12: Enfriamiento del pan de molde.

h. Rebanado y Embolsado:

Los panes de molde fueron rebanados en la cortadora o rebanadora (marca NOVA, modelo ESTANDAR) y luego embolsado en bolsas de polipropileno.

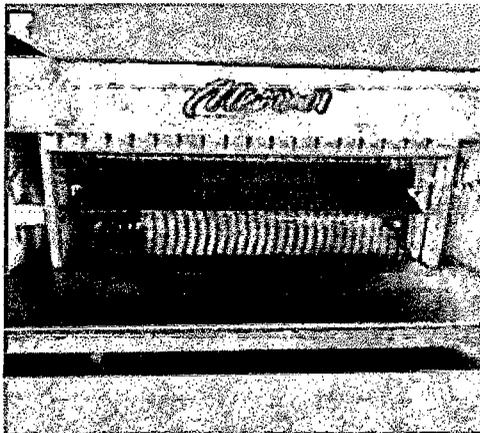


FIGURA 13: Rebanado y embolsado del pan de molde.

i. Almacenamiento:

El almacenamiento se dio en un ambiente limpio, fresco, a temperatura ambiente.

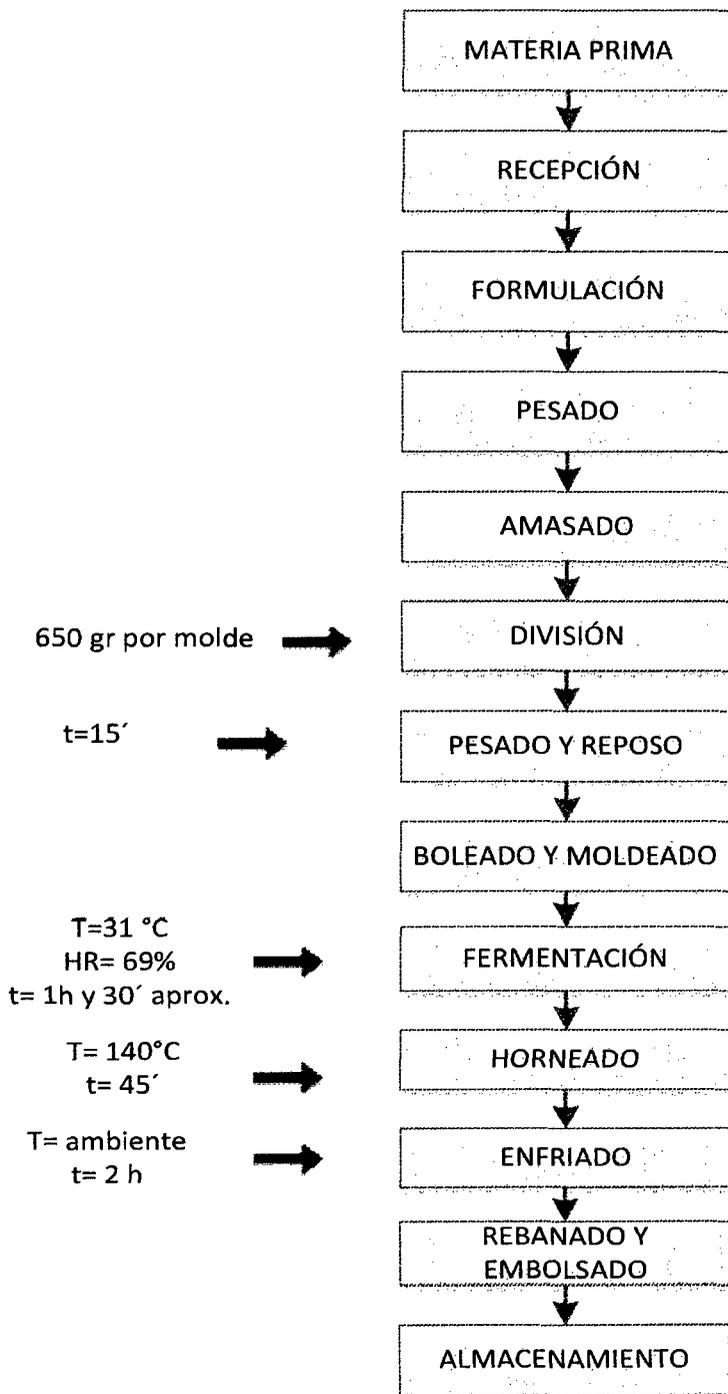


FIGURA 14: Diagrama de flujo utilizado en el proceso

3.4.5 Evaluación de la calidad de los panes:

Los panes producidos fueron caracterizados a través de los siguientes análisis:

3.4.5.1 Volumen específico

El volumen del producto se encontró por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El recipiente utilizado para el cálculo fue de plástico.



FIGURA 15: Determinación del volumen específico-método de semilla

3.4.5.2 Color de corteza y miga

Para la determinación del color de la corteza y la miga de los panes fue utilizado el colorímetro (Marca, KONIKA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L^* luminosidad (Negro 0 / Blanco 100), a^* (verde - / rojo +) y b^* (azul - / amarillo +).

La cromacidad (C^*) y el ángulo de tonalidad (h^*), fue calculado según Minolta (1993).

El color de la miga fue realizada en el centro de la rebanada del pan, por triplicado y el color de la corteza en la parte superior del pan, en el punto medio.

La cromacidad fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromacidad (C}^*) = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h fue determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^* / a^*)$$



FIGURA 16: Determinación de color

3.4.5.3 Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial de las 15 formulaciones, además de la muestra patrón. Los panes fueron evaluados por 30 panelista no entrenados, de ambos sexos, con edades que fluctuaban entre 19 a 25 años de edad, todos ellos estudiantes de la Universidad Nacional del Santa. Las características evaluadas fueron, color, olor, textura, sabor e intención de compra.

Las fichas de evaluación fueron elaboradas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos (1= Muy agradable y 5= Muy desagradable). La ficha usada para la evaluación sensorial se encuentra en el ANEXO IV.

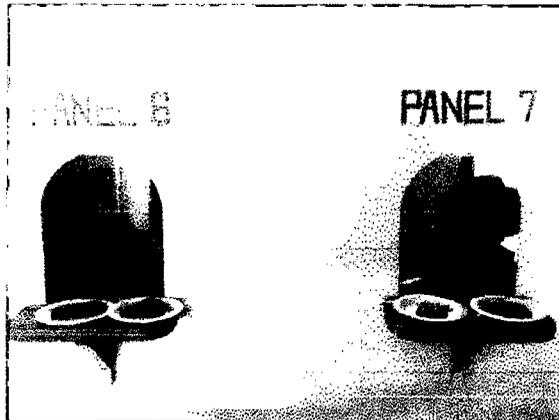


FIGURA 17: Análisis sensorial al pan de molde.

3.4.5.4 Análisis Estadístico

Se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II, para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, análisis de varianza (ANOVA) y la construcción de las superficies de respuestas con nivel de significancia de 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Caracterización de la Materia Prima

4.1.1 Caracterización de la Harina de Trigo

4.1.1.1 Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal están representados en la tabla:

Cuadro 13: Composición Porcentual (%) de la Harina de Trigo

COMPONENTES	HARINA DE TRIGO
%	
Humedad	13.4 ± 0.19
Proteína	10.93
Cenizas	1.01 ± 0.032
Grasa	1.7 ± 0.35
Fibra	1.46 ± 0.02
Carbohidratos	71.5

Los resultados mostrados en la tabla nos indican que la harina de trigo tenía un porcentaje de 13.4 % de humedad y 1.01 % Cenizas los cuales cumplen con la normativa del CODEX ALIMENTARIUS 152 – 1985. Así mismo se obtuvo un porcentaje de proteína de 10.93 %, y de fibra 1.46%.

El contenido de cenizas de trigo se encuentra principalmente en el pericarpio; así que en la harina de trigo blanca habrá una pequeña cantidad de cenizas, lo que indica baja contaminación en el proceso de molienda.

4.1.1.2 Colorimetría Harina de trigo

Cuadro 14: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de trigo

Materia Prima	Trigo
Luminosidad (L)	99.22 ± 0.19
A	0.16 ± 0.08
B	12.41 ± 0.08
Cromacidad (C)	12.51 ± 0.06
Angulo de tonalidad (h)	87.36 ± 0.19

El valor presentado de b* en la tabla muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina de trigo se verá afectada por variables como el genotipo del trigo, extracción de la harina, condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra. **(Ortolan 2006).**

4.1.2 Caracterización de la Harina Integral

4.1.2.1 Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal están representados en la tabla:

Cuadro 15: Composición Porcentual (%) de la Harina Integral

COMPONENTES	HARINA
%	INTEGRAL
Humedad	15.4 ± 0.10
Proteína	12.3
Cenizas	1.9 ± 0.23
Grasa	2.1 ± 0.21
Fibra	8.7 ± 0.14
Carbohidratos	59.6

Los resultados mostrados en la tabla nos indican que la harina de trigo integral tenía un porcentaje de 15.4 % de humedad y 1.9 % Cenizas los cuales cumplen con la normativa del CODEX ALIMENTARIUS 178 – 1991. Así mismo se obtuvo un porcentaje de proteína de 12.3 % y un 8.7% de fibra alto a comparación la harina de trigo.

4.1.2.2 Colorimetría Harina de trigo integral

Cuadro 16: Color instrumental CIE L.a.b de la harina Integral

Materia Prima	harina Integral
Luminosidad (L)	79.23
A	4.45
B	18.19
Cromacidad (C)	19.56
Angulo de tonalidad (h)	76.25

El valor presentado de b* en la tabla muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina integral de trigo se verá afectada por variables como el genotipo del trigo, extracción de la harina, condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra. (Ortolan 2006).

4.1.3 Caracterización de Harina de Quinoa

4.1.3.1 Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal están representados en la tabla:

Cuadro 17: Composición Porcentual (%) de la Harina de Quinoa

COMPONENTES	HARINA QUINUA
%	
Humedad	13.04 ± 0.17
Proteína	13.10
Cenizas	1.82 ± 0.23
Grasa	5.82 ± 0.09
Fibra	3.12 ± 0.12
Carbohidratos	63.10

Los resultados mostrados en la tabla nos indican que la harina de Quinoa tenía un porcentaje de 13.04 % de humedad y 1.82 % Cenizas los cuales cumplen con la norma técnica Peruana NTP 205.062-2009. Así mismo se obtuvo un porcentaje de proteína de 13.1%, y un 3.12% de fibra.

4.1.3.2 Colorimetría Harina de Quinua

Cuadro 18: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de Quinua.

Materia Prima	Harina de Quinua
Luminosidad (L)	46.29
A	2.63
B	19.35
Cromacidad (C)	19.66
Angulo de tonalidad (h)	82.26

El valor presentado de b^* en la tabla muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a^* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina de Quinua se verá afectada por las variables de extracción para su elaboración de harina, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra. (Ortolan, 2006)

4.1.4 Caracterización de Harina de Cañihua

4.1.4.1 Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal están representados en la tabla:

Cuadro 19: Composición Porcentual (%) de la Harina de Cañihua

COMPONENTES	HARINA
%	CAÑIHUA
Humedad	11.30 ± 0.23
Proteína	14.10
Cenizas	3.9 ± 0.17
Grasa	4.5 ± 0.34
Fibra	3.9 ± 0.21
Carbohidratos	62.3

Los resultados mostrados en la tabla nos indican que la harina de Cañihua presenta un porcentaje de 11.30 % Humedad y 5.1 % Cenizas los cuales cumplen con las Tablas peruanas de composición de alimentos. Así mismo se obtuvo un porcentaje de proteína de 14.10 % y un 3.9% de fibra.

4.1.4.2 Colorimetría Harina de Cañihua

Cuadro 20: Color instrumental CIE L.a.b de la harina de Cañihua

Materia Prima	Cañihua
Luminosidad (L)	61.93
A	4.11
B	18.22
Cromacidad (C)	19.92
Angulo de tonalidad (h)	77.29

El valor presentado de b^* en la tabla muestra la tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides y el valor de a^* una ligera tendencia al color verde.

La variabilidad del color de la harina de Cañihua se verá afectada por las variables de extracción para su elaboración de harina, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de la siembra. (Ortolan, 2006)

4.1.4 Caracterización de la Chía

4.1.4.1 Composición Porcentual

Los valores de la composición centesimal están representados en la tabla:

Cuadro 21: Composición Porcentual (%) de la Chía

COMPONENTES %	CHIA
Humedad	6.8 ± 0.18
Proteína	17.8
Cenizas	4.5 ± 0.21
Grasa	27.9 ± 0.32
Carbohidratos	10.1
Fibra	32.9 ± 0.09

Los resultados mostrados en la tabla nos indican que la semillas de chía tenía un porcentaje de 6.8 % de humedad y 4.5 % de cenizas, 17.8 % de Proteína. Así mismo se obtuvo un porcentaje de fibra de 32.9 %, los cuales coinciden con la revista chilena de nutrición SCIELO.

4.2. Computo Químico

Cuadro 22: Cómputo Químico de los Ensayos del Planteamiento Experimental

		f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	F12	F13	F14	F15	P	
FORMULACIONES (%)	HARINA DE TRIGO	40	41.3	38.8	40	40	38.8	41.3	41.3	41.3	42.5	40	38.8	40	37.5	38.8	50	
	HARINA INTEGRAL	40	41.2	38.7	40	40	38.7	41.2	41.2	41.2	42.5	40	38.7	40	37.5	38.7	50	
	HARINA DE QUINUA	7.5	7.5	7.5	7.5	10	7.5	5	7.5	5	5	7.5	10	5	10	10	0	
	HARINA DE CAÑIHUA	12.5	10	15	12.5	10	15	12.5	10	12.5	10	12.5	12.5	15	15	12.5	0	
SCORE QUÍMICO (%)	Isoleucina	92	89.57	94.45	92	92	94.45	89.57	89.57	89.57	87.13	92	94.45	92	96.88	94.45	72.50	
	Leucina	94.29	92.59	95.99	94.29	94.29	95.99	92.59	92.59	92.59	90.89	94.29	95.99	94.29	97.68	95.99	80.71	
	Lisina	46.96	44.09	49.82	46.95	47.09	49.82	43.96	44.09	43.96	41.09	46.95	49.96	46.82	52.82	49.96	52.22	
	Metionina+Cistina	121.57	117.87	125.30	121.57	121.71	125.30	117.73	117.87	117.73	114	121.57	125.44	121.43	129.14	125.44	91.43	
	Fenilalanina + tirosina	101.58	98.61	104.57	101.58	101.67	104.57	98.53	98.61	98.53	95.54	101.58	104.65	101.50	107.63	104.65	77.5	
	Treonina	48.69	47.19	50.25	48.69	48.75	50.25	47.13	47.19	47.13	45.56	48.69	50.31	48.63	51.81	50.31	36.25	
	Triptofano	117.5	116.75	118.25	117.50	118	118.25	116.25	116.75	116.75	116.25	115.50	117.50	118.75	117	119.50	118.75	110.00
	Valina	84.8	82.71	86.91	84.80	84.80	86.91	82.71	82.71	82.71	82.71	80.60	84.80	86.91	84.80	89	86.91	68

De la evaluación de cómputo químico podemos observar que la Lisina sigue siendo el aminoácido limitante, siendo la formulación 14(10% de Quinua y 15% de Cañihua) la que logra alcanzar un mayor nivel de aminoácidos, sin embargo no alcanza a cubrir los requerimientos que exige la FAO (70 %) para el aminoácido limitante. Luego, en los resultados para la determinación de proteína en las formulaciones encontraremos diferencias con los resultados aquí mostrados, particularmente en lo referido a la mejor formulación como lo veremos más adelante.

4.3 Evaluación Físico Química de la calidad de los panes

4.3.1 Volumen Específico:

Cuadro 23: Volumen específico de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinua %	Harina de Cañihua %	Chía %	Volumen específico (cm ³ /g)
F1	7.5	12.5	3.5	3.52
F2	7.5	10	5	3.75
F3	7.5	15	2	3.21
F4	7.5	12.5	3.5	3.41
F5	10	10	3.5	3.35
F6	7.5	15	5	3.27
F7	5	12.5	5	3.87
F8	7.5	10	2	3.73
F9	5	12.5	2	3.93
F10	5	10	3.5	4.25
F11	7.5	12.5	3.5	3.46
F12	10	12.5	2	3.16
F13	5	15	3.5	3.55
F14	10	15	3.5	3.14
F15	10	12.5	5	3.19
PATRÓN	-	-	-	4.68

Como se observa en la tabla, los panes obtuvieron volúmenes que fluctúan entre 3,14 y 4,25 cm³/g, siendo las formulaciones 10 (5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y la formulación 7(5% de harina de Quinoa, 12.5% de harina de Cañihua y 5% de Chía) las que presentaron mayores volúmenes específicos con 4,25 y 3.87 cm³/g respectivamente. Asimismo se observa que el patrón producido (que no contiene ninguna de las variables de la formulación), presentó un volumen específico de 4,68 cm³/g y que ninguna de las formulaciones logró superarla en cuanto a esta característica.

Aquí es necesario señalar el papel que cumple la proteína del trigo (gluten) ya que al realizarse la sustitución, en las diferentes formulaciones, disminuye la cantidad de gluten presente en la masa y por lo tanto no habrá la capacidad de retener los gases producto de la fermentación y de la cocción. De allí que se obtuvieran los valores más altos para volumen específico en las formulaciones 10 y 7 que tienen un nivel de sustitución menor. Además se puede apreciar que hay una aproximación en los valores obtenidos para las formulaciones con condición de punto central lo que indica una buena repetitividad del proceso.

Cuadro 24: Efectos estimados para VOLUMEN ESPECÍFICO (cm³/g)

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	3.5546	0.051982	
A:HARINA DE QUINUA	-0.679032	0.0803544	2.04728
B:HARINA DE CAÑIHUA	-0.45922	0.0800955	3.89032
C:CHIA	0.0210308	0.0804118	1.63445
AA	0.0716967	0.112419	17.2932
AB	0.135318	0.103071	44.0457
AC	- 0.00618509	0.111586	11.9942
BB	-0.140298	0.0782119	66.6604
BC	-0.0653085	0.107456	29.3124
CC	-0.0673045	0.115607	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 25: Análisis de varianza para volumen específico - pan de molde con sustitución parcial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.925506	1	0.925506	71.41	0.0001
B:CAÑIHUA	0.426033	1	0.426033	32.87	0.0012
C:CHIA	0.000886527	1	0.000886527	0.07	0.8024
AA	0.00527156	1	0.00527156	0.41	0.5472
AB	0.0223387	1	0.0223387	1.72	0.2372
AC	0.0000398189	1	0.0000398189	0.00	0.9576
BB	0.0417036	1	0.0417036	3.22	0.1230
BC	0.00478738	1	0.00478738	0.37	0.5656
CC	0.00439279	1	0.00439279	0.34	0.5816
Error total	0.0777624	6	0.0129604		
Total (corr.)	2.77044	15			

R-cuadrada = 97.1931 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92.9829 por ciento

Error estándar del est. = 0.113844

Error absoluto medio = 0.0573473

Estadístico Durbin-Watson = 2.08292 (P=0.5270)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0505338

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de VOLUMEN en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97.1931% de la variabilidad en VOLUMEN. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 92.9829%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.113844. El error medio absoluto (MAE) de 0.0573473 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

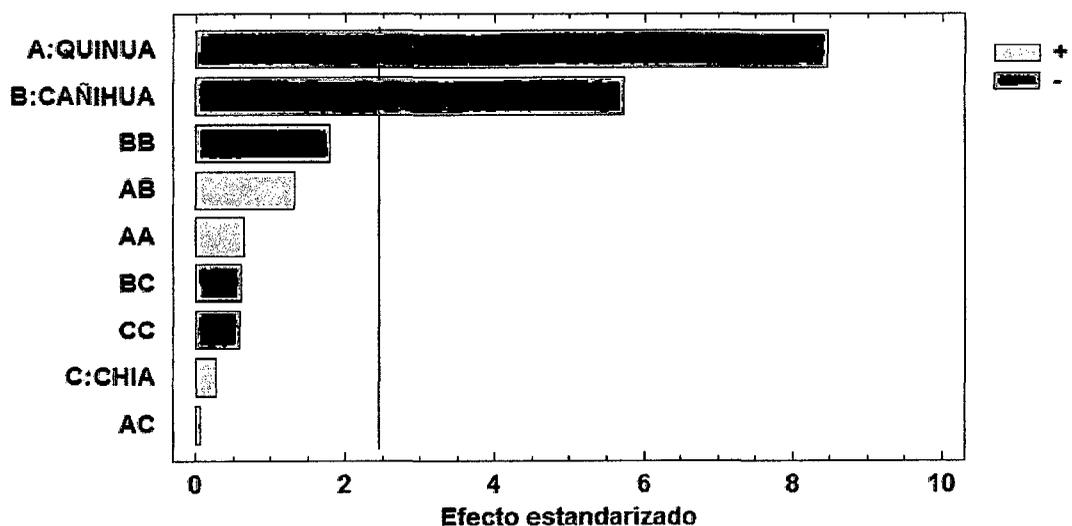


FIGURA 18: Diagrama de Pareto estandarizado para Volumen Específico

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar.

Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza. En este caso, hay efectos significativos en la variable Quinua y Cañihua.

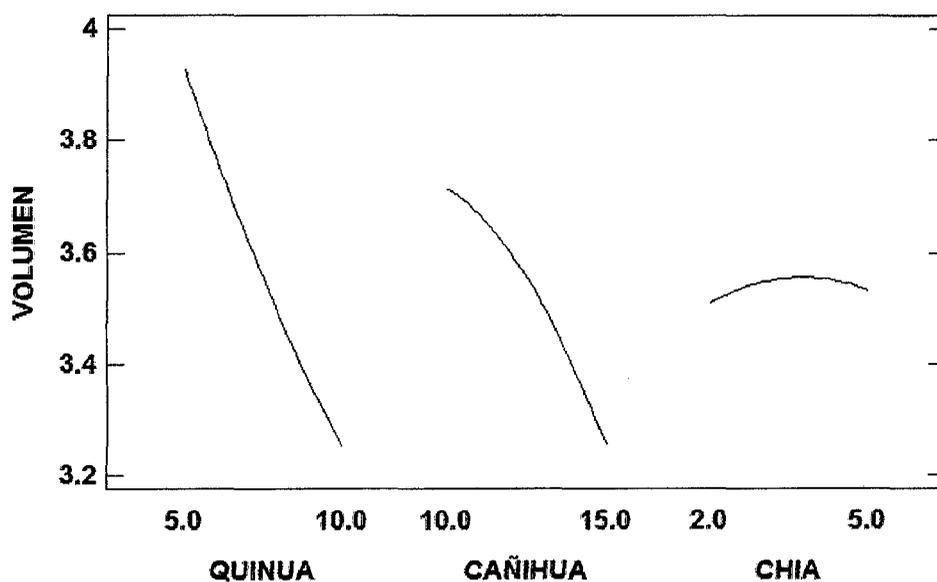


FIGURA 19: Gráfica de efectos especiales para Volumen Específico

La gráfica nos muestra el efecto negativo en el volumen específico al incrementarse el nivel de sustitución de harina de Quinua y harina de Cañihua, lo que concuerda con la bibliografía; sin embargo, aparentemente la adición de chía no tiene el mismo efecto, lo que resulta contradictorio.

4.3.2 Valor Proteico

Cuadro 26: Valor proteico de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinua %	Harina de Cañihua %	Chía %	Proteína %
F1	7.5	12.5	3.5	12.95
F2	7.5	10	5	12.73
F3	7.5	15	2	13.15
F4	7.5	12.5	3.5	12.969
F5	10	10	3.5	12.978
F6	7.5	15	5	13.146
F7	5	12.5	5	12.761
F8	7.5	10	2	12.77
F9	5	12.5	2	12.75
F10	5	10	3.5	12.569
F11	7.5	12.5	3.5	12.90
F12	10	12.5	2	13.155
F13	5	15	3.5	12.941
F14	10	15	3.5	13.335
F15	10	12.5	5	13.153
PATRÓN	-	-	-	11.466

La evaluación proteica de las formulaciones arrojó valores que fluctúan entre el 12,569 % y 13,335%, siendo el valor más alto en contenido de proteínas la formulación f14 (10% de harina de Quinua, 15% de harina de Cañihua y 3,5% de chía) con 13,335%. El valor más cercano al patrón de 11.466%, fue la formulación f10, con 12,569%.

Cuadro 27: Efectos estimados para PROTEINA (%)

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	12.9438	0.0111761	
A:QUINUA	0.400497	0.0172762	2.04728
B:CAÑIHUA	0.382079	0.0172205	3.89032
C:CHIA	-0.00836322	0.0172886	1.63445
AA	0.0179809	0.02417	17.2932
AB	-0.0124729	0.0221602	44.0457
AC	-0.00882069	0.0239911	11.9942
BB	0.00117642	0.0168156	66.6604
BC	0.0141322	0.023103	29.3124
CC	0.00565963	0.0248555	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 28: Análisis de Varianza para PROTEINA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.321957	1	0.321957	537.41	0.0000
B:CAÑIHUA	0.294923	1	0.294923	492.28	0.0000
C:CHIA	0.000140193	1	0.000140193	0.23	0.6457
AA	0.00033156	1	0.00033156	0.55	0.4850
AB	0.000189795	1	0.000189795	0.32	0.5939
AC	0.0000809846	1	0.0000809846	0.14	0.7257
BB	0.00000293223	1	0.00000293223	0.00	0.9465
BC	0.00022417	1	0.00022417	0.37	0.5632
CC	0.0000310619	1	0.0000310619	0.05	0.8274
Error total	0.00359457	6	0.000599095		
Total (corr.)	2.68119	15			

R-cuadrada = 99.8659 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.6648 porciento

Error estándar del est. = 0.0244764

Error absoluto medio = 0.0108577

Estadístico Durbin-Watson = 1.86168 (P=0.3621)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0637618

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de PROTEINA en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 99.8659% de la variabilidad en PROTEÍNA. El estadístico \bar{R} -cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99.6648%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.0244764. El error medio absoluto (MAE) de 0.0108577 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

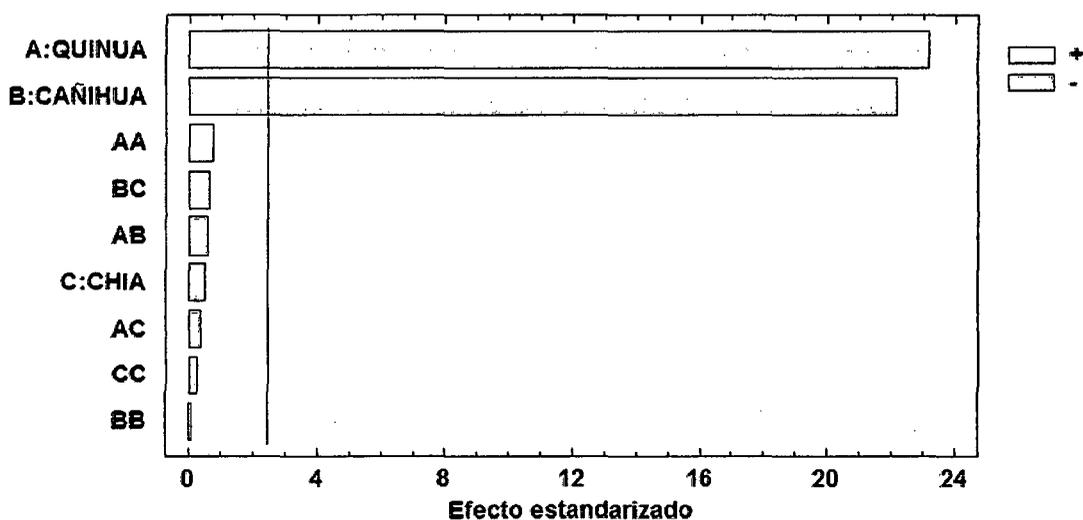


FIGURA 20: Diagrama de Pareto estandarizado para Proteína

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza. En este caso, hay efectos significativo en la variable Quinua y Cañihua.

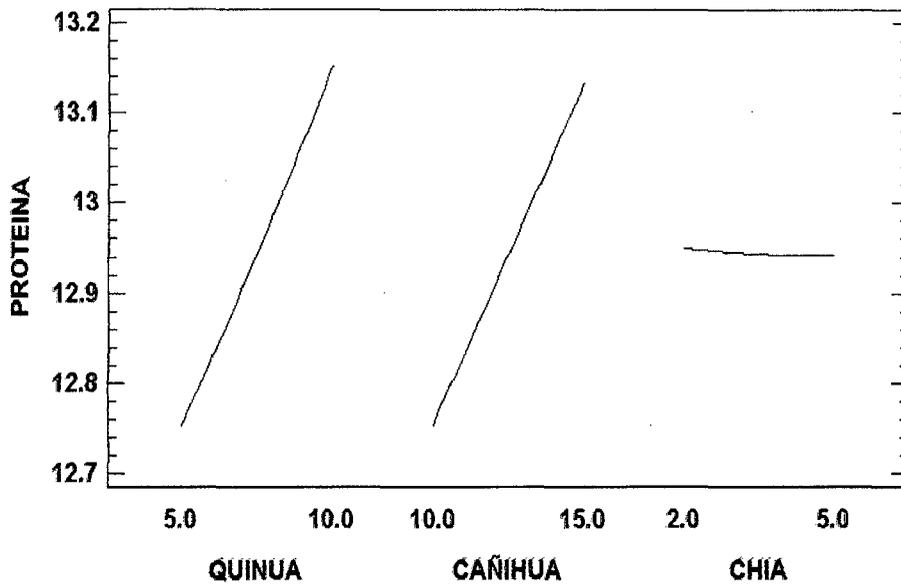


FIGURA 21: Grafica de efectos especiales para Proteína

En la figura 21, se puede apreciar el efecto positivo en el contenido de proteína que tiene la sustitución harina de Quinoa y Cañihua; y el efecto negativo que presenta la Chía. Esto corrobora las referencias bibliográficas así como los resultados de los análisis realizados a nuestras muestras de materia prima de los 15 tratamientos.

4.3.3 Análisis de Textura

Cuadro 29: Textura de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de	Harina de	Chía	Textura
	Quinua	Cañihua		
	%	%	%	Mj
F1	7.5	12.5	3.5	70.12
F2	7.5	10	5	69.98
F3	7.5	15	2	69.89
F4	7.5	12.5	3.5	70.01
F5	10	10	3.5	70.03
F6	7.5	15	5	70.22
F7	5	12.5	5	69.89
F8	7.5	10	2	70.23
F9	5	12.5	2	69.68
F10	5	10	3.5	69.78
F11	7.5	12.5	3.5	70.21
F12	10	12.5	2	70.22
F13	5	15	3.5	69.2
F14	10	15	3.5	70.16
F15	10	12.5	5	70.2
PATRÓN	-	-	-	69.12

La evaluación de la textura de las formulaciones arrojó valores que fluctúan entre el 69,2 mj y 70,23 mj, siendo el valor más alto la formulación f8 (7.5% de harina de Quinua, 10% de harina de Cañihua y 2% de chía) y la formulación f12 (10% de harina de Quinua, 12.5% de harina de Cañihua y 2% de chía) con 70,22 mj. El valor más cercano al patrón de 69.12 mj, fue la formulación f13, con 69,2 mj

Cuadro 30: Efectos estimados para TEXTURA (Mj)

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	70.1155	0.0429676	
A:QUINUA	0.515266	0.0664199	2.04728
B:CAÑIHUA	-0.137057	0.0662059	3.89032
C:CHIA	0.0677069	0.0664674	1.63445
AA	-0.405394	0.0929239	17.2932
AB	0.35234	0.0851969	44.0457
AC	-0.116241	0.0922358	11.9942
BB	-0.243232	0.064649	66.6604
BC	0.287931	0.0888216	29.3124
CC	0.170236	0.0955591	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 31: Análisis de Varianza para TEXTURA (Mj)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:QUINUA	0.53292	1	0.53292	60.18	0.0002
B:CAÑIHUA	0.0379492	1	0.0379492	4.29	0.0839
C:CHIA	0.00918849	1	0.00918849	1.04	0.3477
AA	0.168537	1	0.168537	19.03	0.0048
AB	0.151451	1	0.151451	17.10	0.0061
AC	0.0140643	1	0.0140643	1.59	0.2544
BB	0.125346	1	0.125346	14.16	0.0094
BC	0.0930541	1	0.0930541	10.51	0.0176
CC	0.0281033	1	0.0281033	3.17	0.1251
Error total	0.0531309	6	0.00885515		
Total (corr.)	1.79437	15			

R-cuadrada = 97.039 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92.5976 porciento

Error estándar del est. = 0.0941018

Error absoluto medio = 0.0463952

Estadístico Durbin-Watson = 2.65194 (P=0.8815)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.326157

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de TEXTURA en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 5 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97.0396% de la variabilidad en TEXTURA. El estadístico \bar{R} -cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 92.5976%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.0941018. El error medio absoluto (MAE) de 0.0463952 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

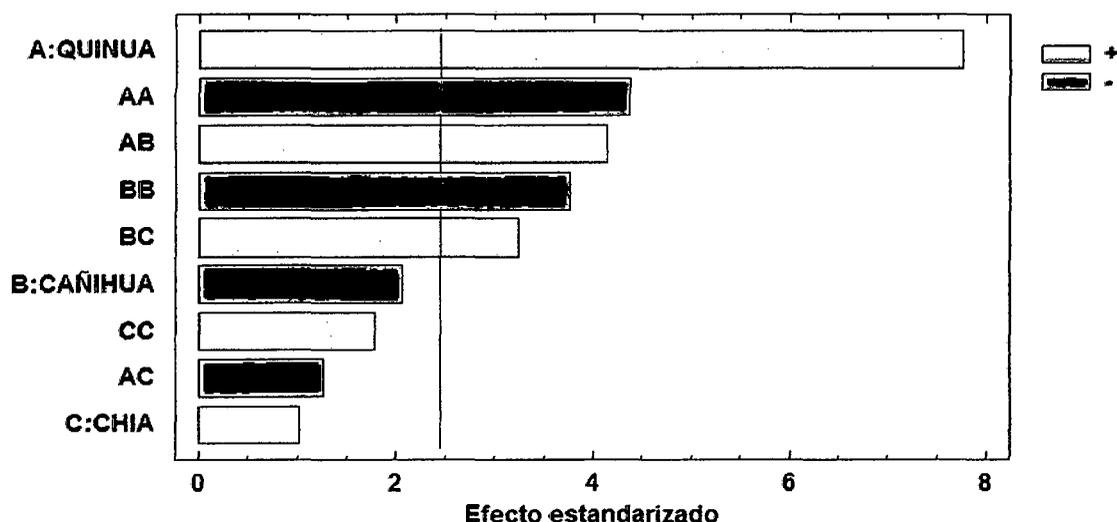


FIGURA 22: Diagrama de Pareto estandarizado para Textura

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza. En este caso, hay 5 efectos significativos.

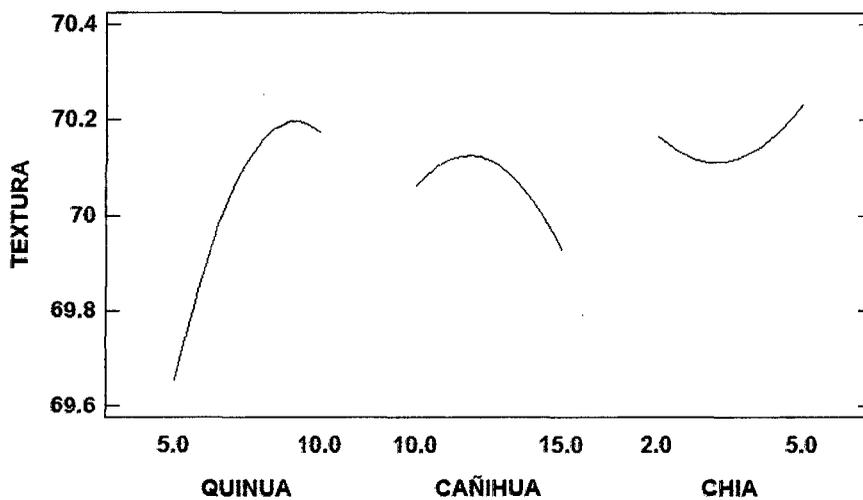


FIGURA 23: Grafica de efectos principales para Textura

La gráfica nos muestra el efecto positivo en la textura al incrementarse el nivel de sustitución de harina de Quinoa y el efecto negativo al incrementarse el nivel de sustitución de harina de Cañihua y Chía.

4.3.4 Color de Miga y Corteza

4.3.4.1 Color en la miga

Cuadro 32: Luminosidad de la miga de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de	Harina de	Chía	Luminosidad
	Quinua	Cañihua		
	%	%	%	L*
F1	7.5	12.5	3.5	75.87
F2	7.5	10	5	76.12
F3	7.5	15	2	75.89
F4	7.5	12.5	3.5	75.66
F5	10	10	3.5	75.47
F6	7.5	15	5	75.98
F7	5	12.5	5	76.48
F8	7.5	10	2	75.82
F9	5	12.5	2	76.45
F10	5	10	3.5	76.41
F11	7.5	12.5	3.5	75.78
F12	10	12.5	2	75.88
F13	5	15	3.5	76.6
F14	10	15	3.5	75.67
F15	10	12.5	5	75.97
PATRÓN	-	-	-	77.91

La luminosidad varía entre 75.67 y 76.6 siendo las formulaciones 13 (5% de harina de Quinua, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y 7 (5 % de harina de Quinua, 12.5% de harina de Cañihua y 5% de Chía) las cuales presentan mayor grado de luminosidad, con $\bar{76.6}$ y $\bar{76.48}$ respectivamente. El ensayo N° 13 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de $\bar{77.91}$.

Cuadro 33: Efectos estimados para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	75.8036	0.0709405	
A:QUINUA	-0.73346	0.109661	2.04728
B:CAÑIHUA	0.0867337	0.109307	3.89032
C:CHIA	0.130642	0.109739	1.63445
AA	0.478701	0.153419	17.2932
AB	-0.0354021	0.140662	44.0457
AC	0.0111457	0.152283	11.9942
BB	-0.0493948	0.106737	66.6604
BC	-0.136424	0.146646	29.3124
CC	0.318278	0.15777	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 34: Análisis de Varianza para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	1.07982	1	1.07982	44.74	0.0005
B:CAÑIHUA	0.0151977	1	0.0151977	0.63	0.4577
C:CHIA	0.0342095	1	0.0342095	1.42	0.2788
AA	0.235001	1	0.235001	9.74	0.0206
AB	0.001529	1	0.001529	0.06	0.8097
AC	0.000129303	1	0.000129303	0.01	0.9440
BB	0.00516934	1	0.00516934	0.21	0.6598
BC	0.02089	1	0.02089	0.87	0.3881
CC	0.0982346	1	0.0982346	4.07	0.0902
Error total	0.144828	6	0.024138		
Total (corr.)	5.0143	15			

R-cuadrada = 97.1117 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92.7792 por ciento

Error estándar del est. = 0.155364

Error absoluto medio = 0.0797125

Estadístico Durbin-Watson = 1.6003 (P=0.1958)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.184536

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97.1117% de la variabilidad en COLOR.

El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 92.7792%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.155364. El error medio absoluto (MAE) de 0.0797125 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

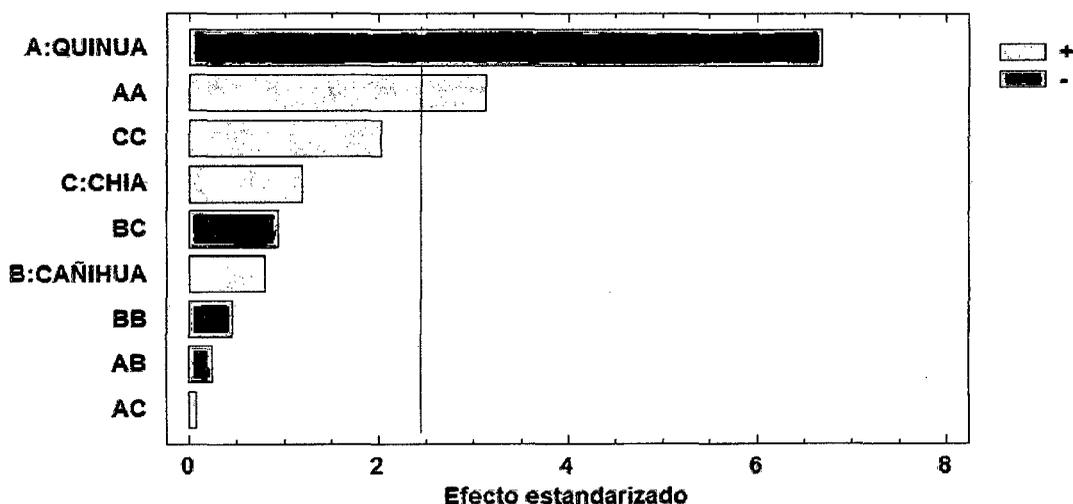


FIGURA 24: Diagrama de Pareto estandarizado para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza.

En este caso, hay 2 efectos significativos, de las variables Quinoa y la interacción entre sí.

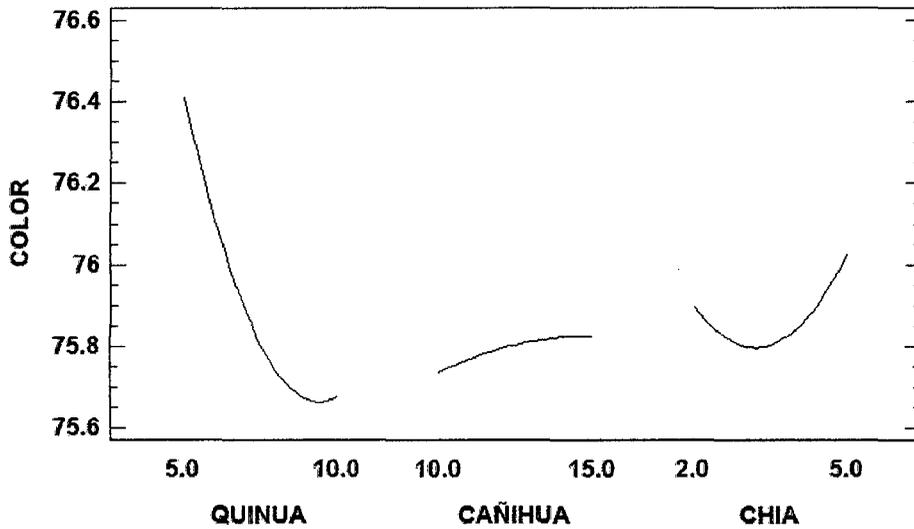


FIGURA 25: Grafica de efectos principales para LUMINOSIDAD (L*) de la miga del pan

En la figura se puede apreciar el efecto negativo de la luminosidad que tiene la sustitución de harina de Quinoa y el efecto positivo que presenta la sustitución harina de Cañihua y la Chía.

La luminosidad es una indicación sobre el aspecto luminoso del color estudiado: cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil.

Cuadro 35: Cromacidad de la miga de los panes de molde

ENSAYOS	Harina	Harina	Chía	Cromacidad
	de	de		
	Quinoa	Cañihua		
	%	%	%	C*
F1	7.5	12.5	3.5	20.21
F2	7.5	10	5	20.78
F3	7.5	15	2	19.79
F4	7.5	12.5	3.5	20.24
F5	10	10	3.5	20.61
F6	7.5	15	5	19.28
F7	5	12.5	5	20.26
F8	7.5	10	2	20.21
F9	5	12.5	2	19.91
F10	5	10	3.5	20.45
F11	7.5	12.5	3.5	20.23
F12	10	12.5	2	19.62
F13	5	15	3.5	19.89
F14	10	15	3.5	19.61
F15	10	12.5	5	19.58
PATRÓN	-	-	-	19.99

La cromacidad varía entre 19.28 y 20.78 siendo las formulaciones 2 (7.5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 5% de Chía) y 10 (5 % de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) las cuales presentan mayor grado de cromacidad, con 20.78 y 20.45 respectivamente.

El ensayo N° 13 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de 19.99.

Cuadro 36: Efectos estimados para CROMACIDAD (C*) de la miga del pan

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	20.1417	0.0774607	
A:QUINUA	-0.282716	0.11974	2.04728
B:CAÑIHUA	-0.887027	0.119354	3.89032
C:CHIA	0.0845543	0.119825	1.63445
AA	-0.180025	0.16752	17.2932
AB	-0.11784	0.15359	44.0457
AC	-0.147326	0.16628	11.9942
BB	0.273946	0.116547	66.6604
BC	-0.460543	0.160125	29.3124
CC	-0.45424	0.172271	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604.

Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 37: Análisis de varianza para CROMACIDAD (C*) de la miga del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.160435	1	0.160435	5.57	0.0562
B:CAÑIHUA	1.58955	1	1.58955	55.23	0.0003
C:CHIA	0.0143301	1	0.0143301	0.50	0.5069
AA	0.0332357	1	0.0332357	1.15	0.3238
AB	0.016941	1	0.016941	0.59	0.4720
AC	0.0225919	1	0.0225919	0.79	0.4097
BB	0.159001	1	0.159001	5.52	0.0570
BC	0.238066	1	0.238066	8.27	0.0282
CC	0.200089	1	0.200089	6.95	0.0387
Error total	0.172674	6	0.028779		
Total (corr.)	2.47778	15			

R-cuadrada = 93.0311 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 82.5777 por ciento

Error estándar del est. = 0.169644

Error absoluto medio = 0.0805965

Estadístico Durbin-Watson = 2.92034 (P=0.9610)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.474233

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 93.0311% de la variabilidad en COLOR. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 82.5777%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.169644. El error medio absoluto (MAE) de 0.0805965 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

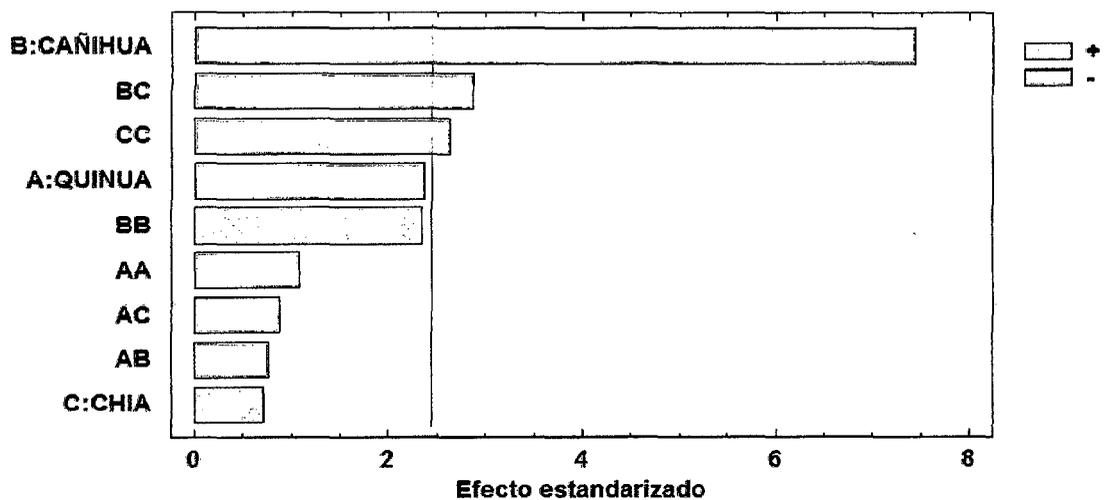


FIGURA 26: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMATICIDAD (C*) de la miga del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza. En este caso, hay 3 efectos significativos, de las variables Cañihua, la interacción entre Cañihua y Chía y la interacción de la Chía entre sí.

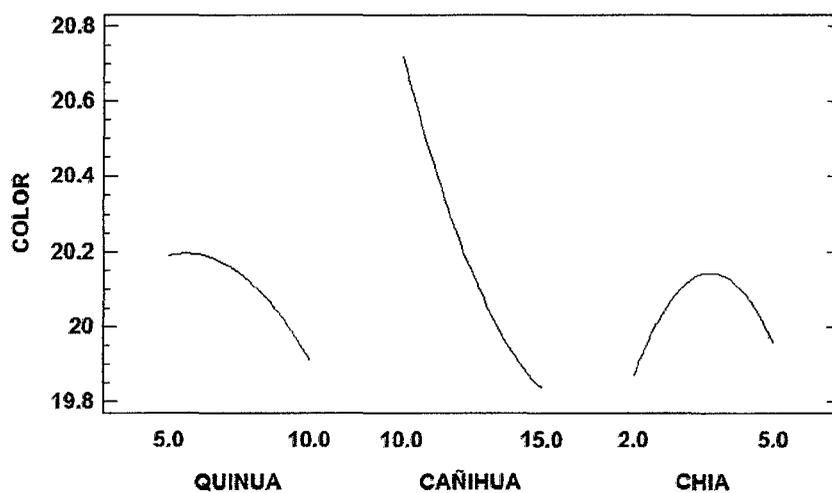


FIGURA 27: Grafica de efectos principales para CROMATICIDAD (C^*) de la miga del pan

En la figura se puede apreciar el efecto negativo de la cromacidad que tiene la sustitución de harina de Quinoa, Cañihua y Chía.

La cromacidad es la saturación de color o inversamente la ausencia de mezcla con blanco.

Cuadro 38: Angulo de tonalidad de la miga de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinoa %	Harina de Cañihua %	Chía %	Angulo de tonalidad H*
F1	7.5	12.5	3.5	78.09
F2	7.5	10	5	78.93
F3	7.5	15	2	79.57
F4	7.5	12.5	3.5	78.87
F5	10	10	3.5	79.16
F6	7.5	15	5	79.82
F7	5	12.5	5	79.30
F8	7.5	10	2	79.62
F9	5	12.5	2	78.79
F10	5	10	3.5	78.06
F11	7.5	12.5	3.5	78.86
F12	10	12.5	2	79.04
F13	5	15	3.5	79.93
F14	10	15	3.5	79.50
F15	10	12.5	5	79.11
PATRÓN	-	-	-	83.65

El ángulo de tonalidad varía entre 78.06 y 79.93 siendo las formulaciones 13 (5% de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y 6 (7.5 % de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 5% de Chía) las cuales presentan mayor ángulo de tonalidad, con 79.93 y 79.82 respectivamente. El ensayo N° 13 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de 83.65.

Cuadro 39: Efectos estimados para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	78.6853	0.172987	
A:QUINUA	0.191951	0.267406	2.04728
B:CAÑIHUA	0.778251	0.266545	3.89032
C:CHIA	0.0423507	0.267597	1.63445
AA	0.0576182	0.374111	17.2932
AB	-0.859509	0.343002	44.0457
AC	-0.264104	0.371341	11.9942
BB	0.806809	0.260276	66.6604
BC	0.396493	0.357595	29.3124
CC	0.72502	0.38472	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604.

Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 40: Análisis de varianza para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.073957	1	0.073957	0.52	0.4998
B:CAÑIHUA	1.22361	1	1.22361	8.53	0.0266
C:CHIA	0.003595	1	0.003595	0.03	0.8794
AA	0.00340456	1	0.00340456	0.02	0.8826
AB	0.901258	1	0.901258	6.28	0.0462
AC	0.0726018	1	0.0726018	0.51	0.5036
BB	1.37916	1	1.37916	9.61	0.0211
BC	0.176453	1	0.176453	1.23	0.3100
CC	0.509745	1	0.509745	3.55	0.1085
Error total	0.861179	6	0.14353		
Total (corr.)	23.565	15			

R-cuadrada = 96.3455 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 90.8638 por ciento

Error estándar del est. = 0.378853

Error absoluto medio = 0.177037

Estadístico Durbin-Watson = 1.73587 (P=0.2764)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0737882

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 96.3455% de la variabilidad en COLOR. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 90.8638%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.378853. El error medio absoluto (MAE) de 0.177037 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

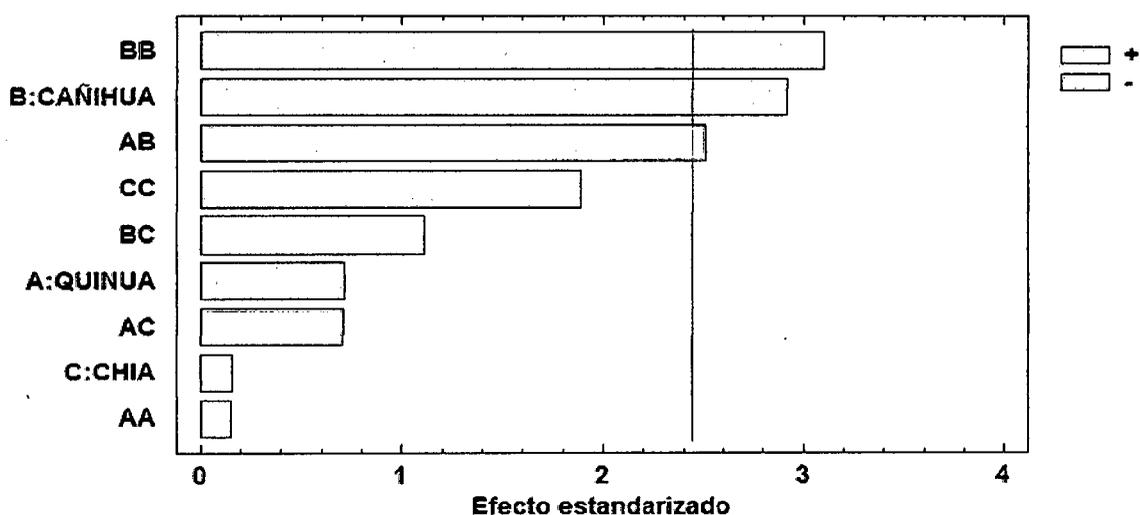


FIGURA 28: Diagrama de Pareto estandarizado para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza.

En este caso, hay 3 efectos significativos, de las variables Cañihua, la interacción entre Cañihua y Quinoa y la interacción de la Cañihua entre sí.

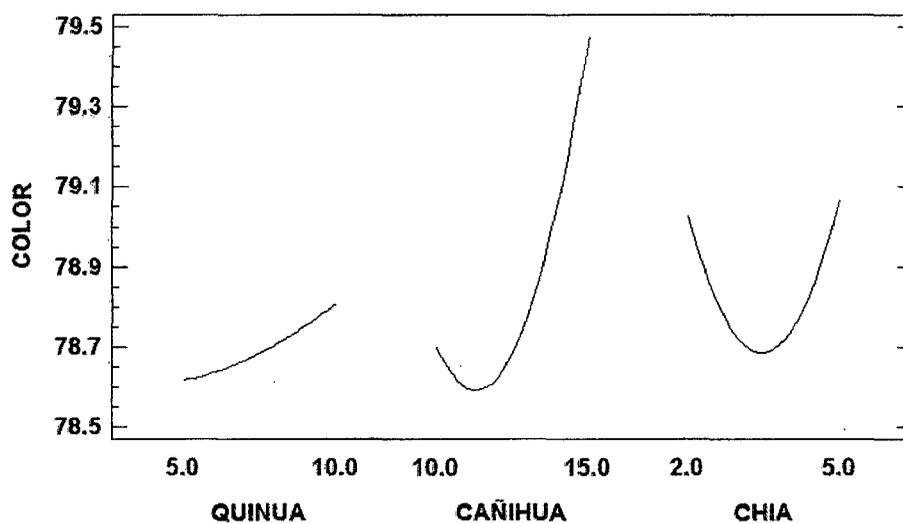


FIGURA 29: Grafica de efectos principales para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la miga del pan

En la figura se puede apreciar el efecto positivo del ángulo de tonalidad que tiene la sustitución de harina de Quinoa, Cañihua y el efecto negativo que tiene la sustitución de la Chía.

4.3.4.1.2 Color en la corteza

Cuadro 41: Luminosidad de la corteza de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinoa %	Harina de Cañihua %	Chía %	Luminosidad L*
F1	7.5	12.5	3.5	57.16
F2	7.5	10	5	57.85
F3	7.5	15	2	55.15
F4	7.5	12.5	3.5	56.37
F5	10	10	3.5	56.18
F6	7.5	15	5	55.29
F7	5	12.5	5	53.44
F8	7.5	10	2	55.96
F9	5	12.5	2	53.55
F10	5	10	3.5	54.54
F11	7.5	12.5	3.5	57.52
F12	10	12.5	2	55.45
F13	5	15	3.5	52.45
F14	10	15	3.5	56.51
F15	10	12.5	5	54.90
PATRÓN	-	-	-	51.96

La luminosidad varía entre 52.45 y 57.85 siendo las formulaciones 2 (7.5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 5% de Chía) y 11 (7.5 % de harina de Quinoa, 12.5% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) las cuales presentan mayor grado de luminosidad, con 57.85 y 57.52 respectivamente.

El ensayo N° 13 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de 51.96.

Cuadro 42: Efectos estimados para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
Promedio	56.6497	0.357789	
A:QUINUA	2.22089	0.553075	2.04728
B:CAÑIHUA	-1.35601	0.551293	3.89032
C:CHIA	0.308195	0.553471	1.63445
AA	-3.48247	0.773773	17.2932
AB	1.65107	0.70943	44.0457
AC	-0.0141673	0.768042	11.9942
BB	0.443001	0.538329	66.6604
BC	-0.531946	0.739613	29.3124
CC	-1.30202	0.795715	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604.

Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 43: Análisis de varianza para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	9.90043	1	9.90043	16.12	0.0070
B:CAÑIHUA	3.71475	1	3.71475	6.05	0.0491
C:CHIA	0.190383	1	0.190383	0.31	0.5978
AA	12.437	1	12.437	20.26	0.0041
AB	3.32567	1	3.32567	5.42	0.0589
AC	0.000208917	1	0.000208917	0.00	0.9859
BB	0.415798	1	0.415798	0.68	0.4420
BC	0.317609	1	0.317609	0.52	0.4990
CC	1.64395	1	1.64395	2.68	0.1529
Error total	3.68399	6	0.613999		
Total (corr.)	45.2755	15			

R-cuadrada = 91.8632 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 79.6579 por ciento

Error estándar del est. = 0.783581

Error absoluto medio = 0.388226

Estadístico Durbin-Watson = 2.80597 (P=0.9343)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.438804

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 3 efectos tienen un valor-P menor que 0.05,

indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 91.8632% de la variabilidad en COLOR. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 79.6579%.

El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.783581. El error medio absoluto (MAE) de 0.388226 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

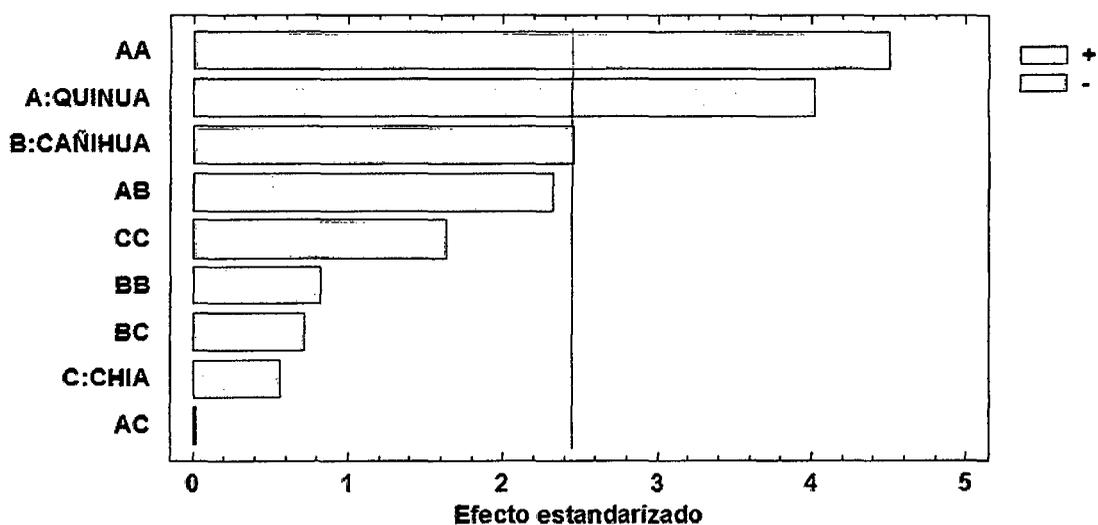


FIGURA 30: Diagrama de Pareto estandarizado para LUMINOSIDAD (L^*) de la corteza del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar.

Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza.

En este caso, hay 2 efectos significativos, de las variables Quinua, y la interacción de la Quinua entre sí.

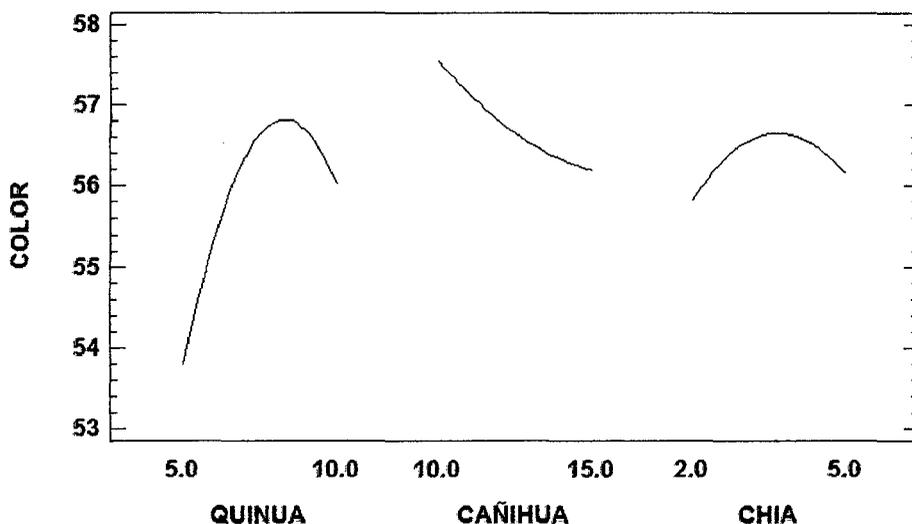


FIGURA 31: Grafica de efectos principales para LUMINOSIDAD (L*) de la corteza del pan

En la figura se puede apreciar el efecto positivo de la luminosidad que tiene la sustitución de harina de Quinua y el efecto negativo que presenta la sustitución de harina de Cañihua y la Chía.

La luminosidad es una indicación sobre el aspecto luminoso del color estudiado: cuanto más oscuro es el color, la luminosidad es más débil.

Cuadro 44: Cromaticidad de la corteza de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinoa %	Harina de Cañihua %	Chía %	Cromaticidad C*
F1	7.5	12.5	3.5	32.39
F2	7.5	10	5	32.81
F3	7.5	15	2	28.97
F4	7.5	12.5	3.5	32.6
F5	10	10	3.5	32.3
F6	7.5	15	5	31.87
F7	5	12.5	5	32.7
F8	7.5	10	2	29.55
F9	5	12.5	2	29
F10	5	10	3.5	32.68
F11	7.5	12.5	3.5	31.99
F12	10	12.5	2	29.94
F13	5	15	3.5	31.06
F14	10	15	3.5	32.5
F15	10	12.5	5	32.8
PATRÓN	-	-	-	32.96

La cromaticidad varía entre 28.97 y 32.81 siendo las formulaciones 2 (7.5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 5% de Chía) y 15 (10 % de harina de Quinoa, 12.5% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) las cuales presentan mayor grado de cromaticidad, con 32.81 y 32.80 respectivamente.

El ensayo N° 2 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de 32.96.

Cuadro 45: Efectos estimados para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	32.0932	0.150303	
A:QUINUA	0.496937	0.23234	2.04728
B:CAÑIHUA	-0.781771	0.231592	3.89032
C:CHIA	3.15817	0.232506	1.63445
AA	0.335732	0.325053	17.2932
AB	1.19063	0.298023	44.0457
AC	-0.289041	0.322646	11.9942
BB	0.0150677	0.226146	66.6604
BC	0.0382653	0.310703	29.3124
CC	-2.40079	0.334271	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo.

Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 46: Análisis de varianza para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.495681	1	0.495681	4.57	0.0763
B:CAÑIHUA	1.2347	1	1.2347	11.39	0.0149
C:CHIA	19.9917	1	19.9917	184.50	0.0000
AA	0.115592	1	0.115592	1.07	0.3415
AB	1.72942	1	1.72942	15.96	0.0072
AC	0.0869592	1	0.0869592	0.80	0.4048
BB	0.000481022	1	0.000481022	0.00	0.9490
BC	0.00164349	1	0.00164349	0.02	0.9060
CC	5.58932	1	5.58932	51.58	0.0004
Error total	0.650129	6	0.108355		
Total (corr.)	31.1889	15			

R-cuadrada = 97.9155 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 94.7888 porciento

Error estándar del est. = 0.329173

Error absoluto medio = 0.151506

Estadístico Durbin-Watson = 1.86108 (P=0.3617)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.000617855

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

En este caso, 4 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 97.9155% de la variabilidad en COLOR.

El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 94.7888%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.329173. El error medio absoluto (MAE) de 0.151506 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

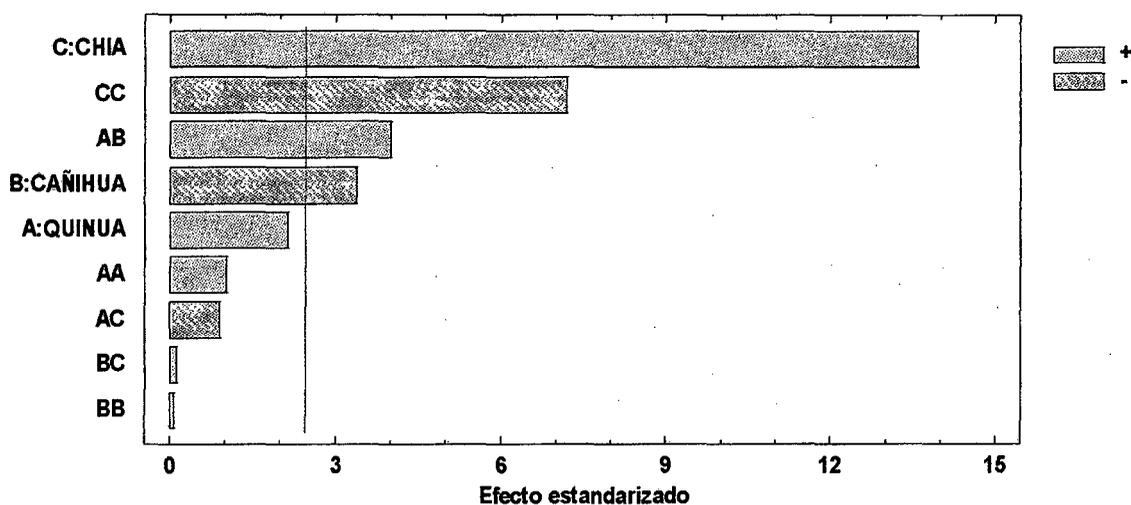


FIGURA 32: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar. Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza.

En este caso, hay 4 efectos significativos, de las variables Chía y la Chía entre sí, Cañihua y la interacción de la Quinoa con la Cañihua.

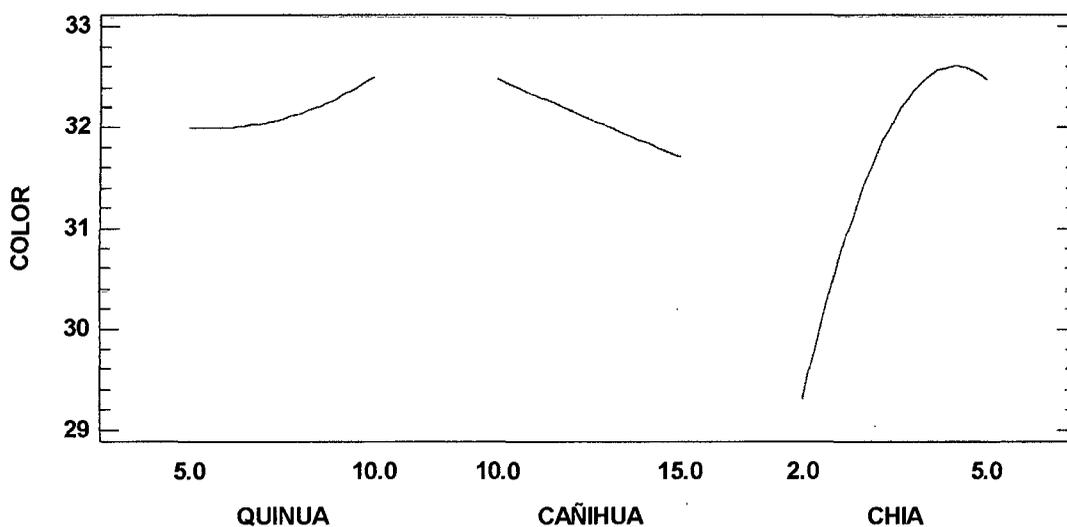


FIGURA 33: Grafica de efectos principales para CROMATICIDAD (C*) de la corteza del pan

En la figura se puede apreciar el efecto positivo de la cromaticidad que tiene la sustitución de harina de Quinoa y la Chía y el efecto negativo que presenta la sustitución de harina de Cañihua.

La cromaticidad es la saturación de color o inversamente la ausencia de mezcla con blanco.

Cuadro 47: Angulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde

ENSAYOS	Harina de Quinoa %	Harina de Cañihua %	Chía %	Angulo de tonalidad h*
F1	7.5	12.5	3.5	62.87
F2	7.5	10	5	60.69
F3	7.5	15	2	61.08
F4	7.5	12.5	3.5	62.52
F5	10	10	3.5	60.26
F6	7.5	15	5	62.18
F7	5	12.5	5	61.86
F8	7.5	10	2	62.44
F9	5	12.5	2	62.28
F10	5	10	3.5	62.94
F11	7.5	12.5	3.5	62.99
F12	10	12.5	2	62.53
F13	5	15	3.5	60.24
F14	10	15	3.5	63.22
F15	10	12.5	5	61.62
PATRÓN	-	-	-	63.96

El ángulo de tonalidad varía entre 60.24 y 63.22 siendo las formulaciones 13 (5% de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y la formulación 11 (7.5% de harina de Quinoa, 12.5% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) las cuales presentan mayor grado de cromaticidad, con 63.22 y 62.99 respectivamente. El ensayo N° 14 es la formulación que presenta el grado más cercano a la muestra patrón de 63.96.

Cuadro 48: Efectos estimados para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza del pan

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
Promedio	62.8454	0.0857105	
A:QUINUA	0.0837582	0.132492	2.04728
B:CAÑIHU	0.10793	0.132065	3.89032
A			
C:CHIA	-0.490133	0.132587	1.63445
AA	-0.701815	0.185362	17.2932
AB	2.76742	0.169948	44.0457
AC	-0.274205	0.183989	11.9942
BB	-1.71857	0.12896	66.6604
BC	1.37633	0.177178	29.3124
CC	-0.821981	0.190618	6.79179

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo.

Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 66.6604. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Cuadro 49: Análisis de varianza para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza del pan

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:QUINUA	0.0140817	1	0.0140817	0.40	0.5506
B:CAÑIHUA	0.0235337	1	0.0235337	0.67	0.4450
C:CHIA	0.48151	1	0.48151	13.67	0.0101
AA	0.50511	1	0.50511	14.34	0.0091
AB	9.34326	1	9.34326	265.17	0.0000
AC	0.0782615	1	0.0782615	2.22	0.1867
BB	6.25758	1	6.25758	177.59	0.0000
BC	2.12618	1	2.12618	60.34	0.0002
CC	0.655203	1	0.655203	18.59	0.0050
Error total	0.211413	6	0.0352355		
Total (corr.)	17.4816	15			

R-cuadrada = 98.7907 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 96.9766 porciento

Error estándar del est. = 0.187711

Error absoluto medio = 0.0843287

Estadístico Durbin-Watson = 1.94104 (P=0.4201)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0278867

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de COLOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental.

En este caso, 6 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 98.7907% de la variabilidad en COLOR. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 96.9766%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.187711. El error medio absoluto (MAE) de 0.0843287 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

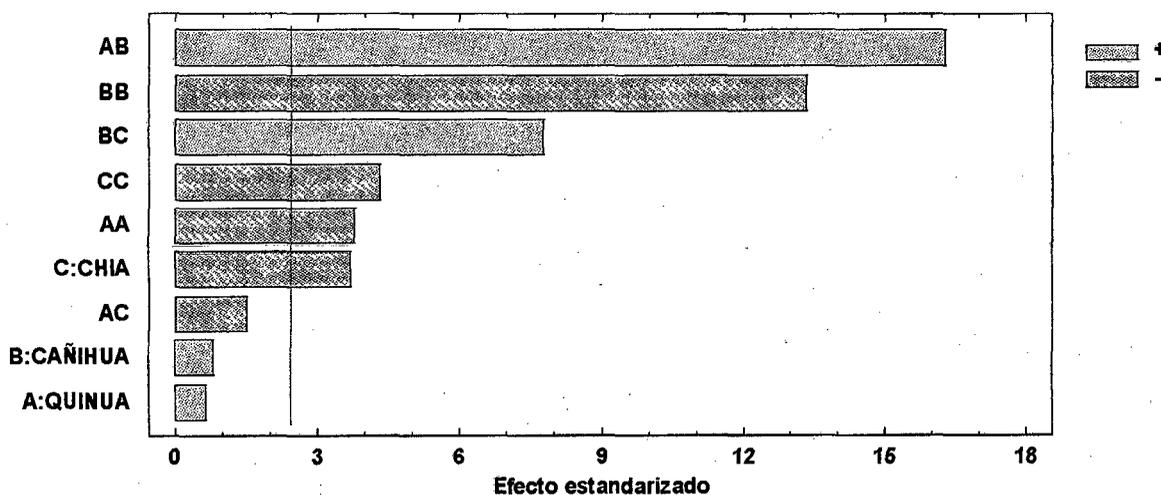


FIGURA 34: Diagrama de Pareto estandarizado para CROMACIDAD (C*) de la corteza del pan

El Diagrama de Pareto grafica los estimados en orden decreciente de importancia. La longitud de cada barra es proporcional al efecto estandarizado, el cual es el efecto estimado dividido entre su error estándar.

Cualquiera que se extienda más allá de la línea corresponde a efectos que son estadísticamente significativos con un 95.0% de nivel de confianza.

En este caso, hay 6 efectos significativos, de las interacciones entre Quinoa y Cañihua, Cañihua entre sí, Cañihua y Chía, Chía entre sí, Quinoa entre sí y la Chía.

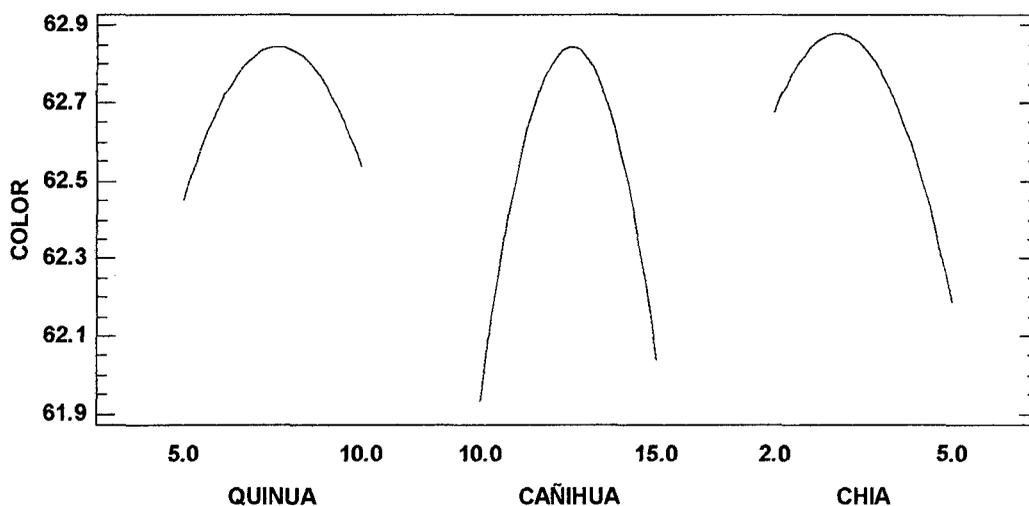


FIGURA 35: Grafica de efectos principales para ANGULO DE TONALIDAD (H*) de la corteza del pan

En la figura se puede apreciar el efecto positivo del ángulo de tonalidad que tiene la sustitución de harina de Quinoa, Cañihua en cierto punto y el efecto negativo que presenta la Chía.

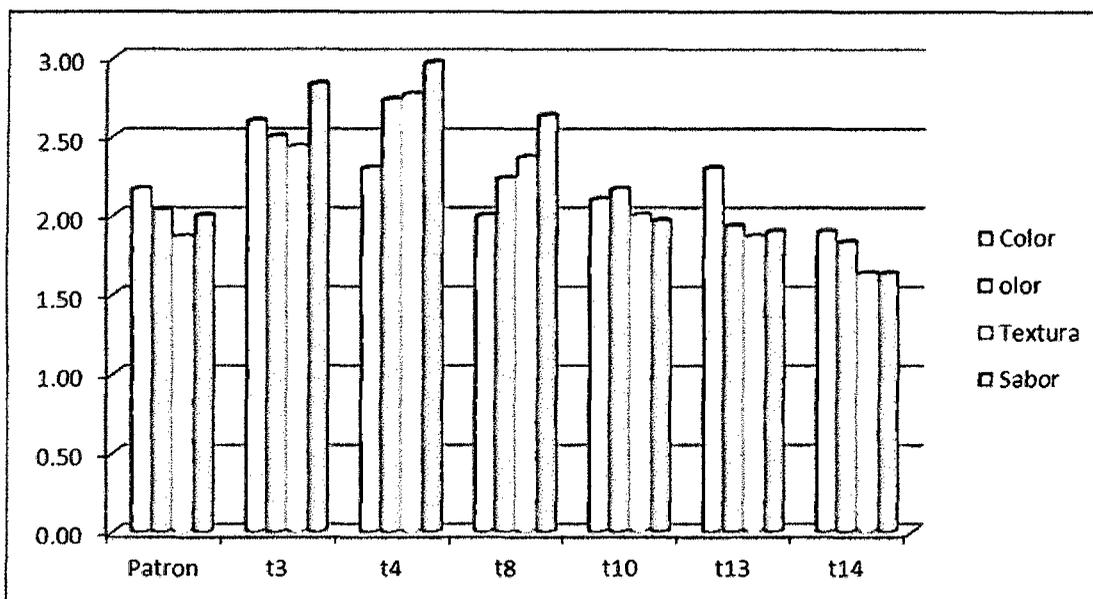


FIGURA 36: Muestra los resultados para el análisis sensorial realizado a los 6 mejores tratamientos y a la muestra patrón.

El análisis sensorial de los tratamientos en relación al patrón demuestra que, en el atributo **color** se tiene como el de mayor preferencia al tratamiento t8, t10 y t14 y al de menor preferencia al tratamiento f3.

El análisis de los tratamientos en relación al patrón demuestra que, en el atributo **olor** se tiene como indicador más alto al ensayo t13, t14 y al de menor preferencia a los tratamientos t3 y t4.

El análisis de los tratamientos en relación al patrón demuestra que, en el atributo de **textura** se tiene como indicador más alto al tratamiento t14, t13 y al de menor preferencia a los ensayos t4, t3, t10.

El análisis de los tratamientos en relación al patrón demuestra que, en el atributo de **sabor** se tiene como indicador más alto al tratamiento t10, t13, t14 y al de menor preferencia al ensayo t4.

En general, de los resultados de análisis sensorial se observa que el tratamiento t13 y t14 es el que tiene mayores puntajes, particularmente en cuanto a olor, sabor y textura; en cuanto a color el tratamiento t8, t10 es el mejor, seguido de t14.

Se aprecia que, a mayores niveles de sustitución también disminuye el nivel de aceptabilidad en todas las características.

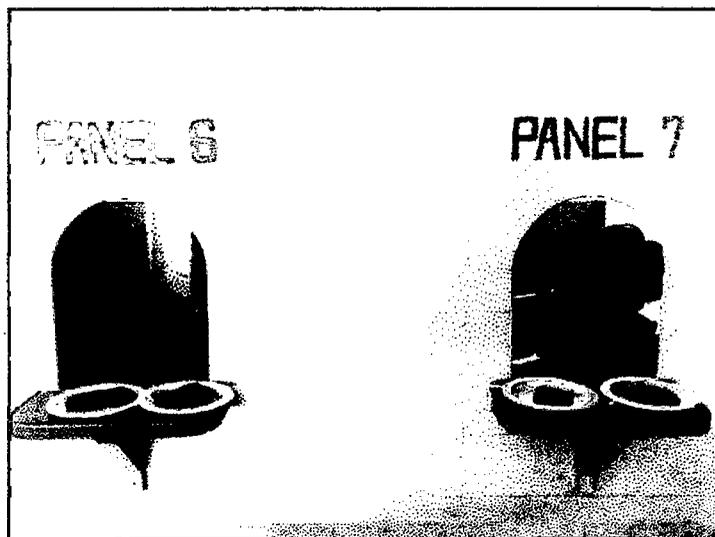


FIGURA 37: Análisis sensorial al pan de molde.

4.5

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL PAN DE MOLDE

Cuadro 50: Análisis físico-químico para las mejores formulaciones del pan de molde

	Harina de Quinoa	Harina de Cañihua	Chía	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra	Grasas	Carbohidratos
ENSAYOS	%	%	%	%	%	%	%	%	%
F8	7.5	10	2	29.55	1.98	12.77	5.70	8.05	40.70
F10	5	10	3.5	32.68	1.86	12.57	6.98	8.65	36.54
F13	5	15	3.5	31.06	2.11	12.94	7.54	8.77	37.70
F14	10	15	3.5	30.45	2.22	13.34	8.60	9.17	34.57
PATRÓN	-	-	-	32.96	1.78	11.47	5.25	3.8	44.74

La NTP 206.004.1988, Pan blanco y pan integral y sus productos tostados presenta los criterios físico-químicos para humedad el límite máximo permisible es 40% y para cenizas es 4.0% (base seca), al observar el cuadro podemos ver que los tratamientos cumplen con la norma establecida.

El % de proteína vemos que va aumentando a la medida que aumenta el % de sustitución parcial, en este caso la formulación 14 es la que tiene el más alto valor proteico con 13.34%.

El % de fibra se ve en aumento al aumentar el % de sustitución parcial, debido en que la quinua, Cañihua y sobre todo la Chía, presenta altos niveles de % de fibra, en este caso la formulación 14, obtuvo el más alto % de fibra con 8.6.

El % de grasa es mayor en la formulación 14, seguido de la formulación 13, esto se debe a que tienen el más alto porcentaje de sustitución parcial en la Chía, y este presenta altos contenidos de grasa, omega 3.

4.6 ANÁLISIS REOLOGICOS DE MASAS

4.6.1 FARINOGRAFÍA

Al final del análisis de los resultados de la encuesta, se procedió a realizar el análisis reológico a la formulación que en la evaluación sensorial tuvo la mayor aceptabilidad.

El tratamiento 13; 5% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua, fue llevado al farinógrafo el cual nos dio la siguiente gráfica:

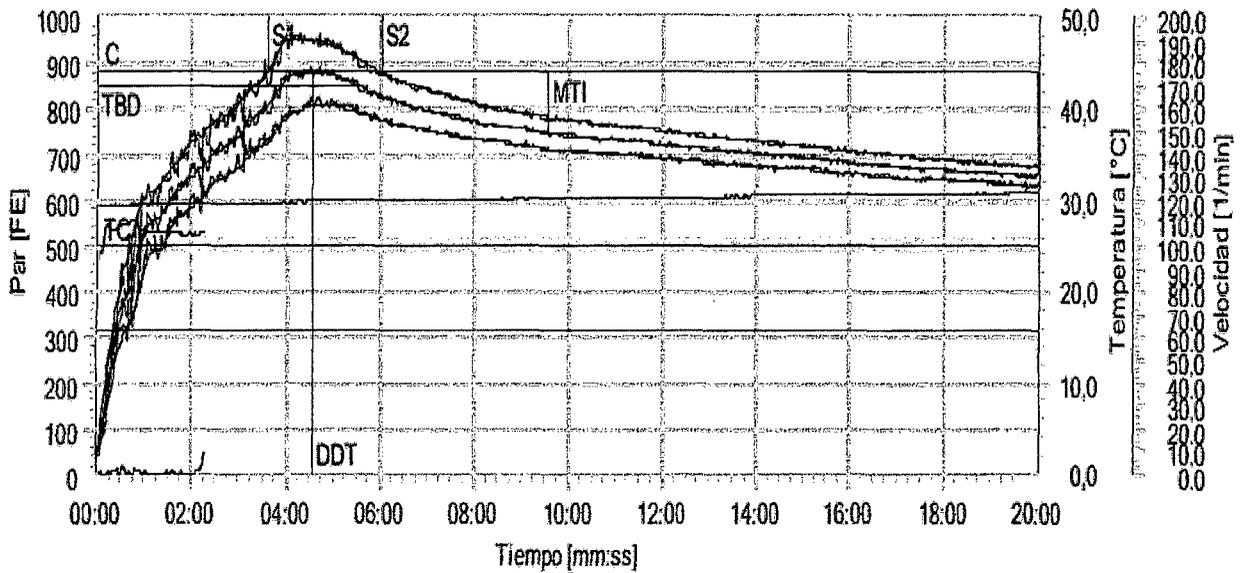


FIGURA 38: ANÁLISIS FARINOGRÁFICOS DE LA FORMULACION 13

El tratamiento 14; 10% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua, fue llevado al farinógrafo el cual nos dio la siguiente gráfica:

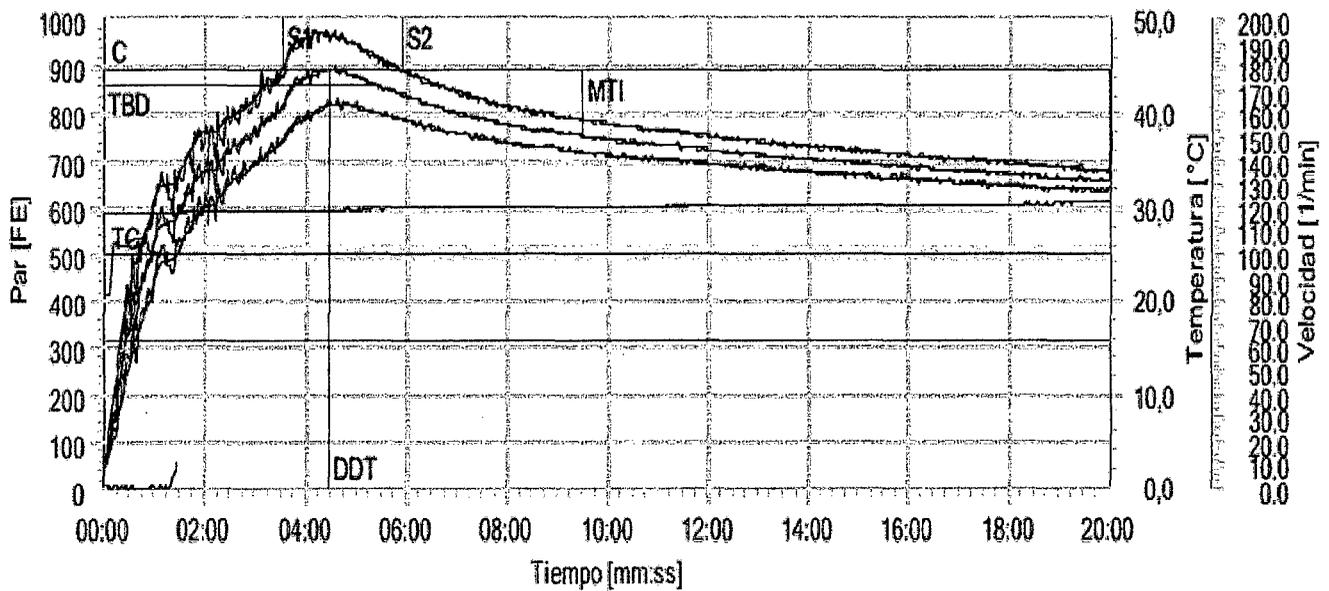


FIGURA 39: ANÁLISIS FARINOGRÁFICOS DE LA FORMULACION 14

La cual fue comparada con el análisis farinógrafo, realizando a una masa enteramente de harina de Trigo, la cual nos brindó la siguiente gráfica:

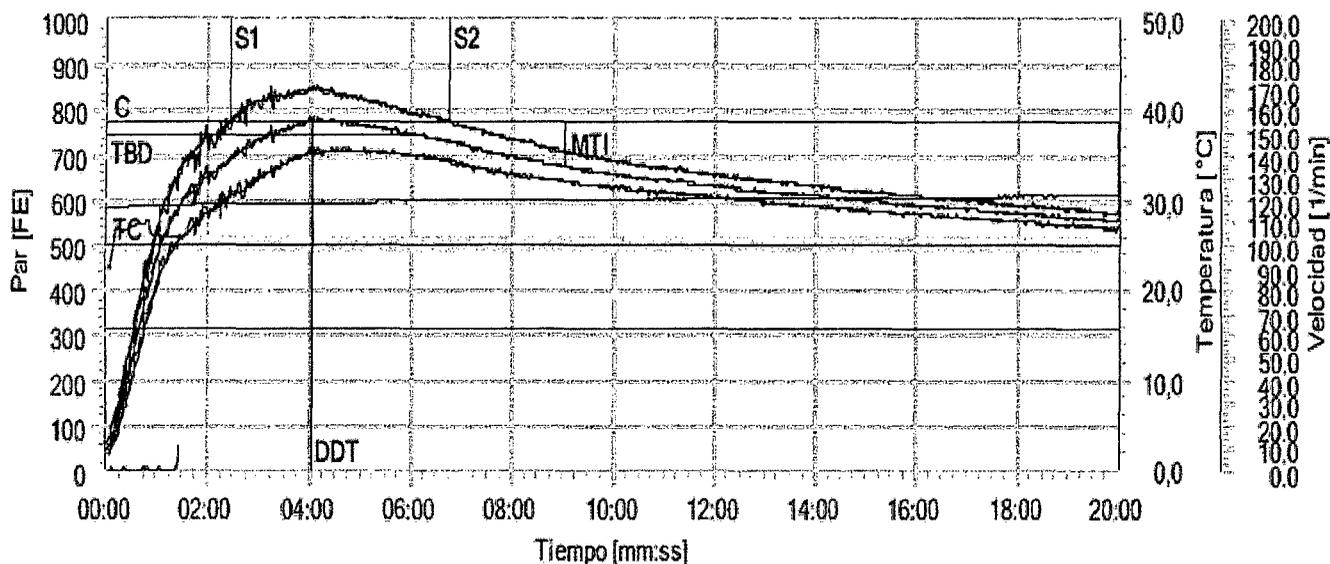


FIGURA 40: ANÁLISIS FARINOGRÁFICOS DE LA HARINA DE TRIGO

Cuadro 51. Resumen de las formulaciones analizadas por el farinograma

FORMULACIONES	H (%)	C (FE)	%ABS	%ABS Corregida	DDT (min)	S (min)	MTI (FE)
Formulación 13	13.6	881	55.6	65.1	04:34	02:24	134
Formulación 14	11.8	894	55.6	65.5	04:29	02:22	141
Patrón	14.2	776	55.6	62.5	04:03	04:19	102

Por lo general, el nivel de absorción de agua depende del contenido de proteína, de la presencia de gránulos de almidón dañados y del tamaño de partícula. CHAGMAN, (2010).

En general, a medida que aumenta la sustitución, se incrementa la absorción, en relación al tiempo de desarrollo de la masa, hay una tendencia creciente; es decir que a mayor sustitución, mayor fuerza de la harina, por lo que se incrementa el tiempo. CHAGMAN, (2010).

En la formulación 13 se observa que el tiempo de desarrollo de la masa fue de 04:34 minutos y la formulación 14 el tiempo fue de 04:29 minutos, mientras que el patrón presentó un tiempo de 04:03 minutos. El índice de tolerancia al mezclado es un indicador de suavidad de la masa durante el amasado y sigue una tendencia decreciente, formulación 14 (141 FE), formulación 13 (134 FE), conforme a lo determinado por la harina de trigo (102 FE). Además, a medida que se incrementa la sustitución, el disminuye el índice y aumenta la fuerza de la harina. ZAPATA, (2010).

Finalmente, luego de realizado las pruebas farinográficas, se determinó que la formulación 13 (5% de Harina de Quinoa y 15% de Harina de Cañihua), presentó buenas características reológicas. Para niveles de sustitución menores al 5%, las masas son consideradas fuertes, para mayores del 10% son consideradas débiles. CALVO, (2001).

4.62 EXTENSOGRAFÍA

El análisis realizado a la formulación 13 (5% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua), y la formulación 14 (10% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua) nos dio los siguientes resultados en el análisis de la extensografía.

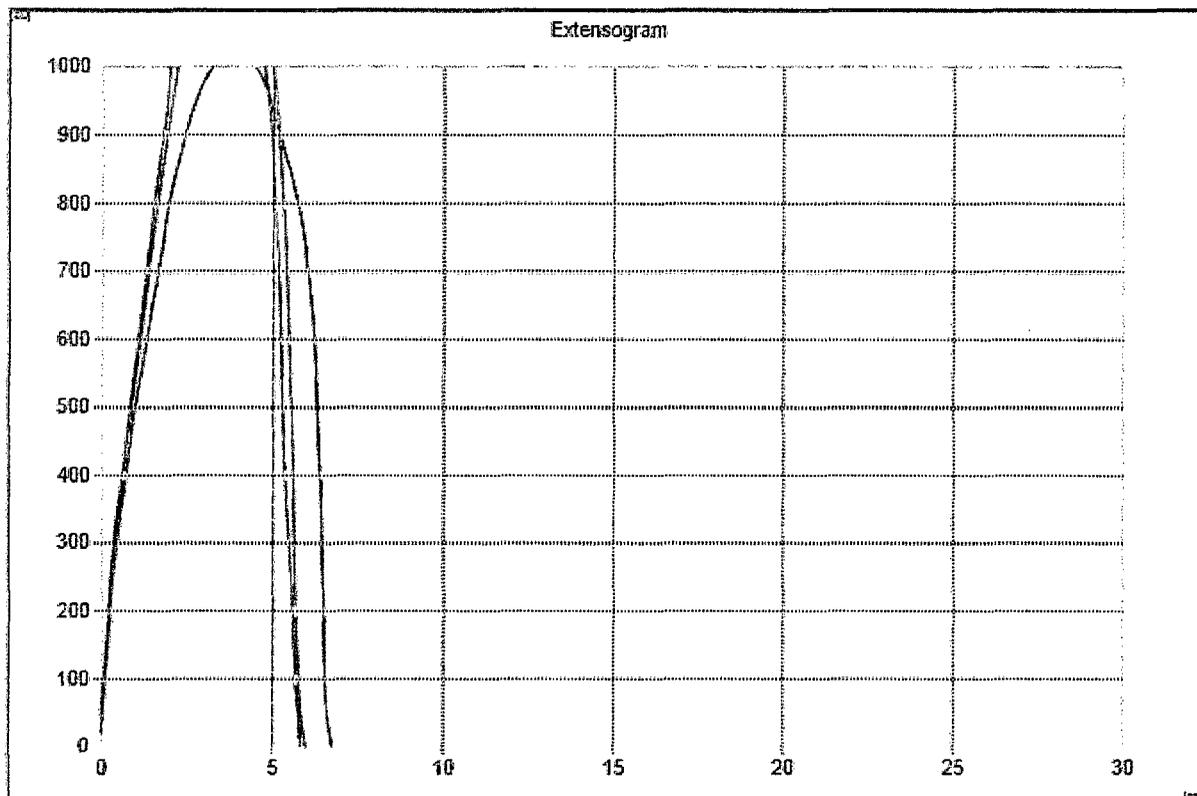


FIGURA 41: ANÁLISIS EXTENSOGRAFICOS DE LA FORMULACION 13

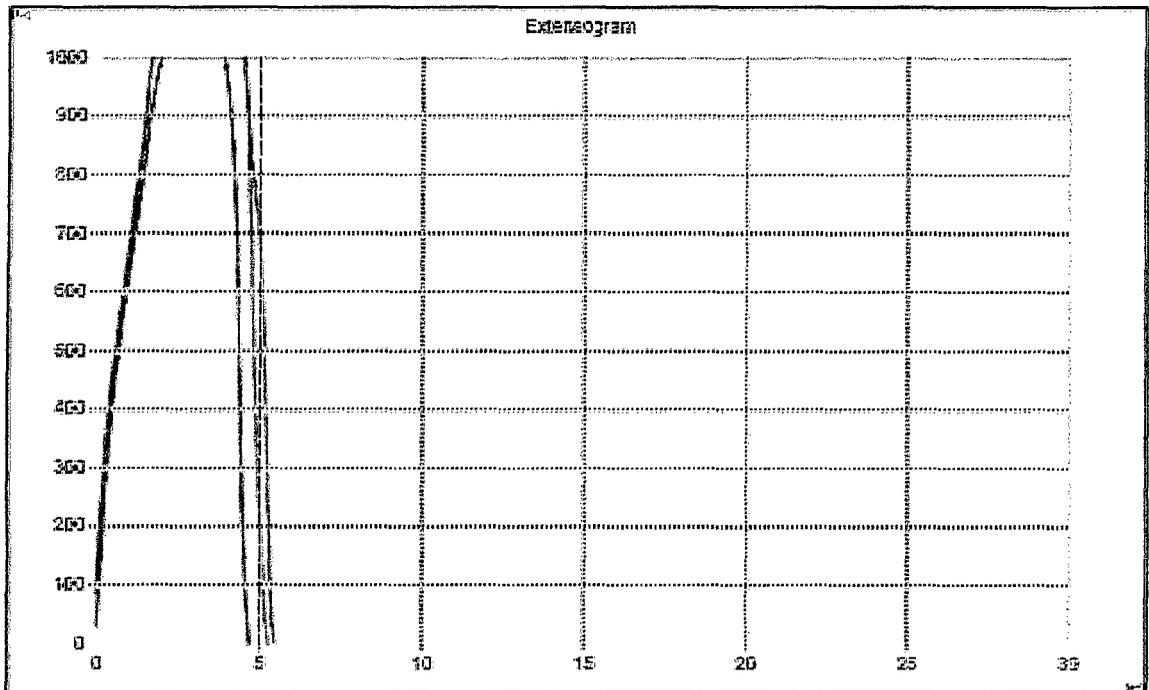


FIGURA 42: ANÁLISIS EXTENSOGRAFICOS DE LA FORMULACION 14

La cual fue comparada con el análisis extensográfico, realizando a una masa enteramente de harina de Trigo, la cual nos brindó la siguiente gráfica:

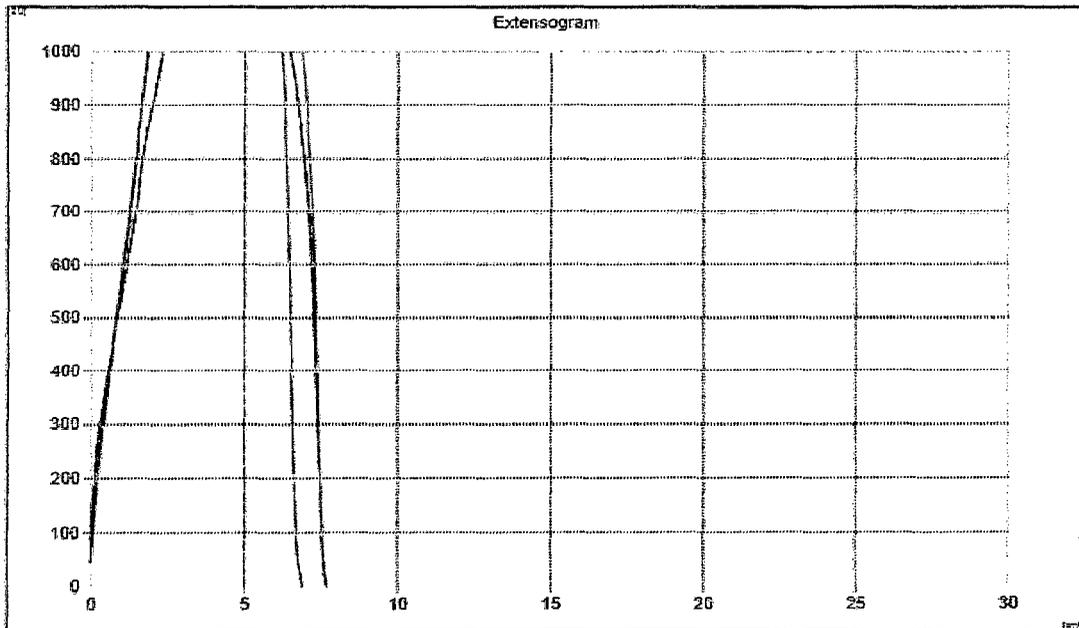


FIGURA 43: ANÁLISIS EXTENSOGRAFICOS DE LA HARINA DE TRIGO

Cuadro 52. Resumen de las formulaciones analizadas por el farinograma

FORMULACIONES	TIEMPO	R	E	M	ENERGIA
	min	(BU)	(mm)	(BU)	cm²
Formulación 13	90	815	58	1256	87
Formulación 14	90	622	55	1414	90
Patrón	90	1541	69	1638	135

Si la resistencia descendiera y la extensibilidad aumentara, se trataría de una harina que produce una masa floja, mientras que una harina que presenta características opuestas y energía alta tendrá una buena fermentación o estabilidad. ITURRIZAGA, (2001).

La extensibilidad de la masa afecta en forma directamente proporcionalmente al factor de esparcimiento que sufren las masas cuando están en el horno. Una masa con una resistencia a la extensión y buena estabilidad se tomara en masa suave y extremadamente elástica. SALAS, (2010). La extensibilidad, esta es menor conforme se hace mayor el grado de sustitución. Con los incrementos en la resistencia a la extensión y decrementos de la extensibilidad conforme se aumenta el grado de sustitución, se puede establecer que las masas de mezclas se tornan más duras y cortas que la masa de harina de trigo sola, debido principalmente a la pérdida de gluten y perdida de extensibilidad. CALVO, (2001). De acuerdo a las características de resistencia, extensibilidad y energía, la sustitución con 5% de harina de Harina de Quinua y 10% de harina de Cañihua, es la más indicada de acuerdo al análisis extensográfico. CALVO, (2001).

4.62 AMILOGRÁFIA

El amilograma nos indica etapas bien marcadas: la del calentamiento a temperatura constante y de enfriamiento, lo que nos permite una evaluación de la viscosidad, gelatinización y el fenómeno de retrogradación de las harinas.

El análisis realizado a la formulación 13 (5% de Harina de Quinoa y 15% de Harina de Cañihua), y la formulación 14 (10% de Harina de Quinoa y 15% de Harina de Cañihua) nos dio los siguientes resultados en el análisis de la amilográfico.

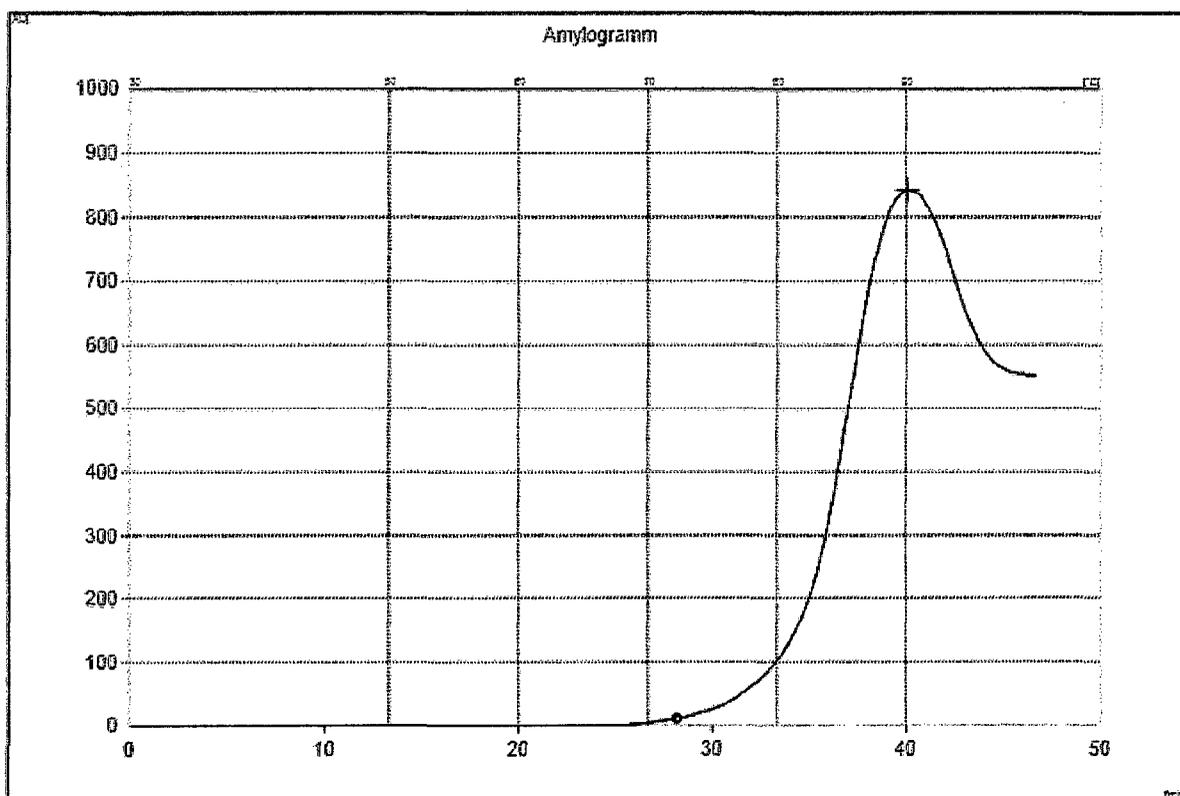


FIGURA 44: ANÁLISIS AMILOGRÁFICO DE LA FORMULACION 13

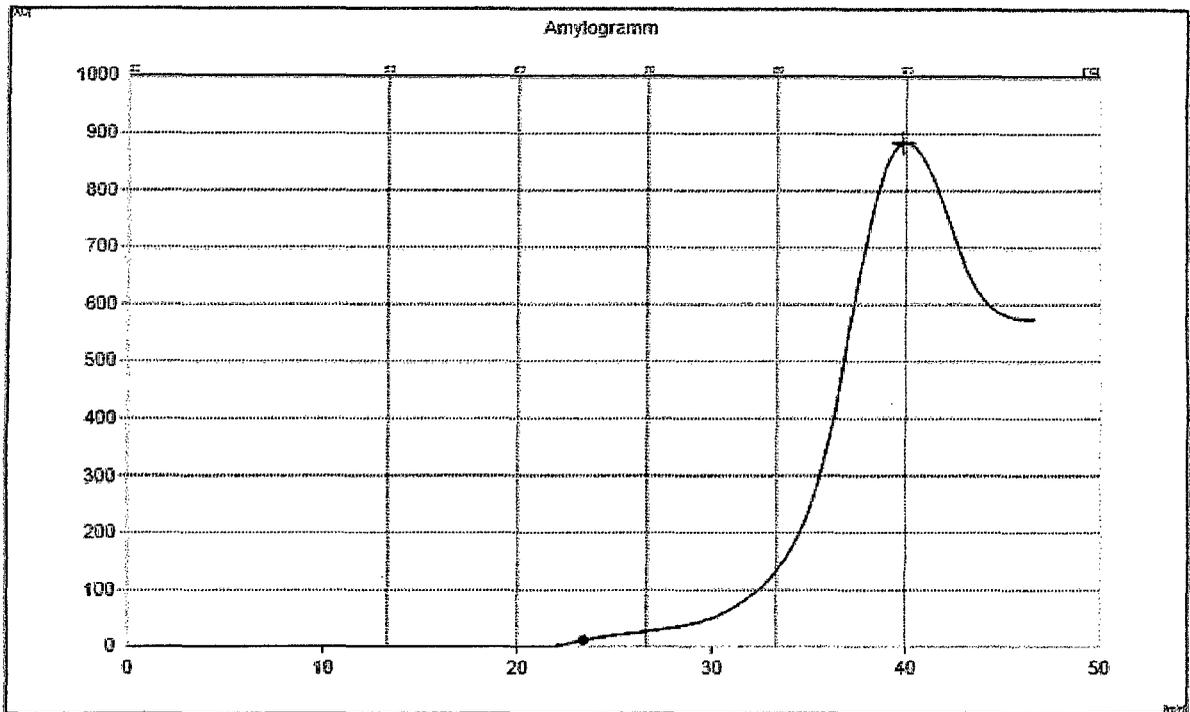


FIGURA 45: ANÁLISIS AMILOGRÁFICO DE LA FORMULACION 14

La cual fue comparada con el análisis amilográfico, realizando a una masa enteramente de harina de Trigo, la cual nos brindó la siguiente gráfica:

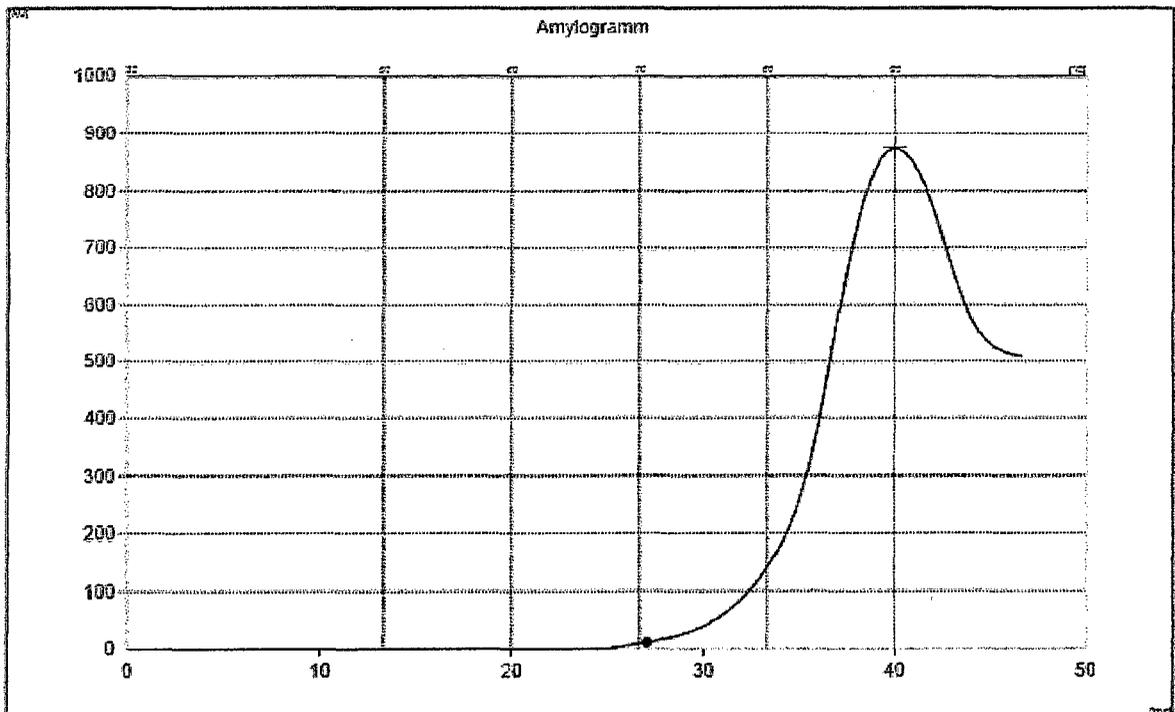


FIGURA 46: ANÁLISIS AMILOGRÁFICO DE LA HARINA DE TRIGO

Cuadro 53. Resumen de las formulaciones analizadas por el amilograma

FORMULACIONES	Humedad %	T °C Inicio	T °C Gelatinización	Maxima Gelatinizacion (AU)
Formulación 13	13.6	72.3	90.1	843
Formulación 14	11.8	65.1	89.8	884
Patrón	14.2	70.6	90.0	876

El índice de caída analiza la viscosidad y la medición amilográfica de una mezcla de harina de trigo con sustitución de harina de Quinua y Cañihua.

A mayor sustitución, disminuye el índice de caída, aumentando la actividad enzimática. CHAGMAN, (2010).

El inicio de la gelatinización fue a los 72.3 °C en la formulación 13 (5% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua) y 65.1 °C en la formulación 14 (10% de Harina de Quinua y 15% de Harina de Cañihua), mientras que en la harina de Trigo fue de 70.6°C. La temperatura de la gelatinización máxima en el caso de la formulación 13 fue de 90.1°C y de la formulación 14 fue de 89.8 °C, y en la mezcla de harina de trigo fue de 90. 0°C.

El punto de gelatinización máxima en la harina de trigo fue de 876 AU, mientras que en la formulación 13 fue de 843 AU y en la formulación 14 fue de 884 AU. Esto se debe a que las harinas de Quinua y Cañihua no presentan tanto almidón como la harina de Trigo lo cual no permite obtener una gelatinización superior. El aumento de la viscosidad se debe a la gelatinización del almidón, aunque también repercuten en la viscosidad las enzimas amilásicas de la harina.

4.63 EVALUACION BIOLOGICA

Cuadro 54: Resultados de la evaluación biológica del pan enriquecido óptimo.

PRODUCTO	PER	DIGESTIBILIDAD	VALOR BIOLÓGICO
Pan enriquecido	1.104	69.36 %	73.93%
Caseína	2.01**	92.00%*	79.31%

- *Valor recomendado para panes integrales por la FAO (1985)
- **Valor reportado por Delgado Amarin para panes con un 20% de sustitución con harinas diferentes al trigo. (1981)

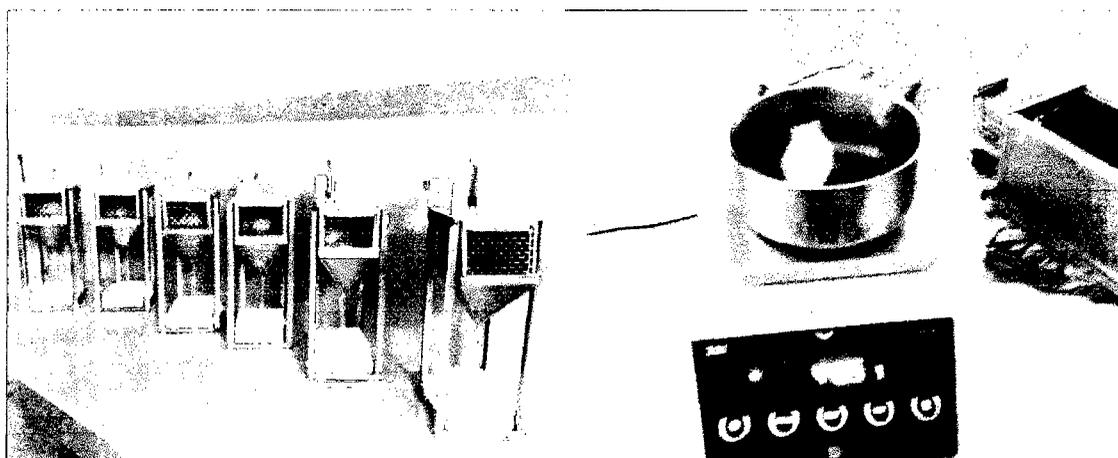


FIGURA 47: Análisis Biológico en ratas

En el cuadro 55, se puede ver los resultados de las pruebas biológicas realizadas al pan enriquecido con Quínoa, Cañihua y Chia en comparación con un patrón que es la caseína. Con respecto a la Eficiencia proteica (PER), el pan integral enriquecido (1.104) presenta un valor inferior al tratamiento control de caseína (2.01), notándose similitud a lo reportado por **Delgado Amarin (1981)** , quien señala un PER de 1.20 y caseína 2.01, en un pan elaborado con 20% de sustitución (cebada). Si se compara el PER del pan integral enriquecido (1.104) con lo reportado por Delgado Amarin (1981) y Marín Buratta (1976) quienes señalan 0.97 y 0.81 respectivamente para un pan elaborado con un 100% de trigo, se observa un valor superior, lo que indica que la proteína del pan integral enriquecido tienen mejor calidad biológica.

Cuadro 55: Resumen de la determinación de la digestibilidad, valor biológico

PARAMETROS	UNIDADES DE MEDIDA	
	gr	%
PESO INICIAL	45.72	
PESO FINAL	49.93	
GANANCIA DE PESO	4.212	
CONSUMO DE ALIMENTO	19.667	
MATERIA SECA DEL ALIMENTO	19.23	89.72
NITROGENO DEL ALIMENTO		1.48
CONSUMO DE NITROGENO	0.291	
TOTAL DE ORINA	1.8	
TOTAL DE HECES EXCRETADAS	2.705	
MATERIA SECA EN HECES	9.59	89.053
NITROGENO EN LA ORINA		2.92
NITROGENO EN HECES		3.30
TOTAL NITROGENO EXCRETADO EN HECES	0.09	
TOTAL DE NITROGENO EXCRETADO EN ORINA	0.053	
DIGESTIBILIDAD		69.36
VALOR BIOLOGICO		73.93
NPU CALCULADO		51.28

La digestibilidad del pan integral fue de 69.36%. Al comparar este valor con lo reportado por la FAO (1985) para la caseína que es de 92% se puede decir que la digestibilidad del nuestro pan integral es buena y representa el 75.5% respecto a la caseína.

El valor Biológico del pan integral fue de 73.93%, esto representa la porción de nitrógeno absorbido que es retenida por nuestro organismo para su utilización ya sea para el crecimiento como para el mantenimiento corporal.

La utilización neta proteica (NPU) fue de 51.28%, esto quiere decir que hay una proporción moderada de nitrógeno que fue retenido por el organismo.

En una publicación de la FAO, de 1981, que incluye una gran cantidad de ensayos, se menciona una NPU de 71,2%, valores inferiores a los hallados por nosotros. Con esto podemos afirmar que la efectividad de la proteína de nuestro pan integral, utilizada en el presente estudio, es elevada y adecuada para el crecimiento y desarrollo normal.

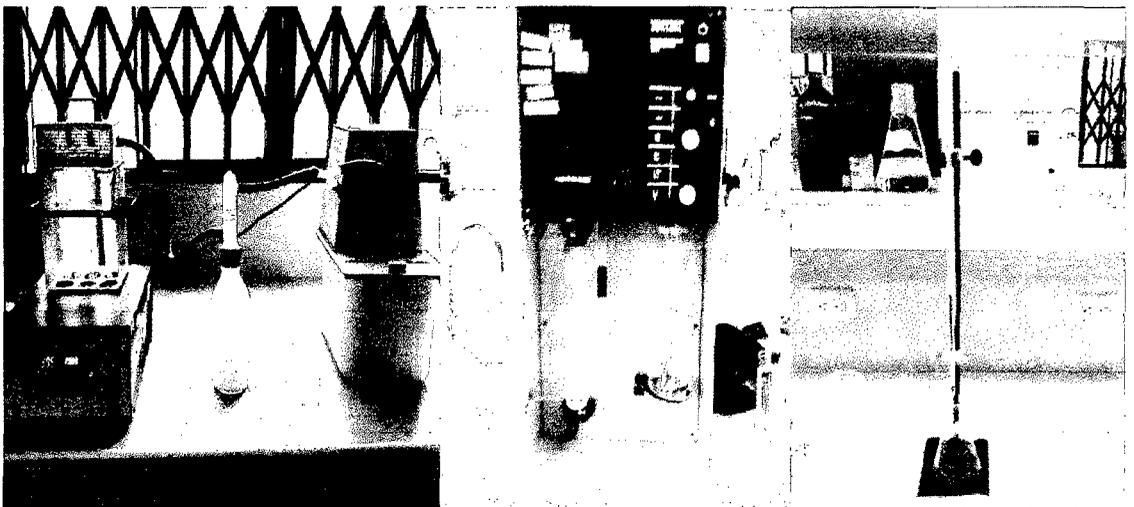


FIGURA 48: Análisis de las heces y orina por el método Kjeldahl

V. CONCLUSIONES

1. En general, se puede concluir que: La sustitución parcial de harina de Trigo por Quinoa tiene efectos beneficiosos en cuanto al incremento en el porcentaje de Proteína y Textura, y efectos negativos en cuanto al volumen específico; la sustitución de harina de Trigo por harina de Cañihua muestra efectos positivo en el contenido de Proteínas y efectos negativos en textura y volumen específico.
2. De acuerdo a la evaluación de la calidad proteica y los resultados del análisis sensorial, es la formulación f14 (10% de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de chía), y la formulación f13 (5 % de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía), son las mejores formulaciones para la sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinoa y Cañihua.
3. El cómputo químico de las formulaciones arroja que la mejor formulación para la sustitución por harina de Quinoa y Cañihua es la f14 (10% de harina de Quinoa, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía), que mejora en 0.6% la calidad proteica en cuanto a lisina, aminoácido limitante del trigo.
4. La evaluación proteica de las formulaciones arrojó valores que fluctúan entre el 12,569 % y 13,335%, siendo el valor más alto en contenido de proteínas la formulación f14 (10% de harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3,5% de chía) con 13,335%. Estos resultados también reflejan que la sustitución parcial de harina de Quinoa y Cañihua ha superado en valor proteico al pan de molde común (muestra patrón).

5. Los resultados de Volumen específico demuestran que la formulación f10 (5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) con $4,25 \text{ cm}^3/\text{g}$, es la que alcanza un valor más cercano a la muestra patrón. Notándose que, a mayor nivel sustitución por harina de Quinoa, y Cañihua disminuye el volumen específico de los panes.
6. Los resultados de Textura arrojó valores que fluctúan entre el 69,2 mj y 70,23 mj, siendo el valor más alto la formulación 8 (7.5% de harina de Quinoa, 10% de harina de Cañihua y 2% de chía) con 70.23 mj. El valor más cercano al patrón de 69.12 mj, fue la formulación f13, con 69,2 mj.
7. En la evaluación de Color Instrumental CIE Lab muestra que el grado de luminosidad en la miga como en la corteza presentan valores más cercanos a la muestra patrón en la formulación 13 (5% de Harina de Quinoa, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía).
8. En la evaluación de Color Instrumental CIE Lab muestra que el grado de cromacidad en la miga presenta valores más cercanos a la muestra patrón en la formulación 13 (5% de Harina de Quinoa, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y en la corteza la formulación 2 (7.5% de Harina de Quinoa, 10% de Harina de Cañihua y 5% de Chía) es la que presenta el grado más cercano a la muestra patrón.
9. En la evaluación de Color Instrumental CIE Lab muestra que el ángulo de tonalidad en la miga presenta valores más cercanos a la muestra patrón en la formulación 13 (5% de Harina de Quinoa, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía) y en la corteza la formulación 14 (10% de Harina de Quinoa, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía) es la que presenta el grado más cercano a la muestra patrón.

10.El comportamiento reológico de la formulación 13 y 14 para la elaboración del pan de molde integral son:

Análisis amilográfico: Determina la temperatura de gelatinización (°C) para F13= 90.1 y F14= 89.8; y máxima gelatinización (UA) para F13= 843 y F14= 884.

Análisis Farinográfico: Determina el porcentaje de absorción de agua para F13= 55.6 y F14=55.6; consistencia (FE) para F13= 881 y F14=894; y tiempo óptimo de desarrollo (min) para F13= 4.34 y F14=4.29.

Análisis extensográfico: Determina la extensibilidad (mm) para F13= 98 y F14=55; la resistencia a la extensión (BU) para F13=815 y F14=622; y máximo (BU) para F13= 1256 y F14=1414.

11.Las pruebas biológicas hechas al pan de molde integral resulto con:
Per = 1.104, Digestibilidad = 70.17%, Valor biológico = 73.93 y NPU= 51.28%, siendo valores aproximados con respecto a la caseína.

12.La composición físico-químico del pan de molde integral f13 (5% de Harina de Quinoa, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía) presentó: 31,06% de humedad, 2.11% de cenizas, 12.94% de proteínas, 7.54% de fibra, 8.77% de grasas y 37.70% de carbohidratos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de almacenamiento y conservación del Pan de molde integral obtenido, mediante el uso de antioxidantes y empaques.
2. Evaluar el color instrumental de la masa cruda para cada formulación.
3. Profundizar en el estudio de sustitución parcial con semillas de chía, agregándolo como harina al pan de molde integral.
4. Difundir el empleo de Quinoa, Cañihua, Chia en la elaboración de panes, galletas, snacks, pastas y extruidos por sus excelentes propiedades nutritivas.
5. Realizar un estudio económico financiero que demuestre la factibilidad de la producción comercial de este producto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Aguirre E.- Rodríguez G. (1997).** "Industria de cereales y panificación". Universidad Nacional del Santa. Única edición. Chimbote-Perú.
- **Álvarez, T. (2009).** "Elaboración de un pan de molde enriquecido con Quinoa (*Chenopodium quínoa W.*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), Maca (*Lepidium meyenii Walp*) y Linaza (*Linum usitatissimum L.*), UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – LIMA, tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial.
- **Alvarez s., Berra N., Enriquez C., y Parra J. (2004).** "Monografía de la harina de trigo". México.
- **Amat y León. (1981).** "Alimentación en el Perú" Universidad Particular del Pacífico. Centro de Investigación. Lima-Perú.
- **Arroyave, S, (2009).** "Utilización de la harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa*) en el proceso de panificación". UNIVERSIDAD DE LA SALLE, BOGOTA, Tesis para optar el título de ingeniero de alimentos.
- **Association of Official Analytical Chemists. AOAC. (1990).** Official Methods of Analysis., 15 th Ed. K.Erlch (Ed.). Arlington, Virginia, USA. 59-87. 1049-1106.
- **Bennion, E. (1967).** Fabricación de Pan. España, Editorial Acribia. Pág. 18.
- **Calaveras, J. (2004).** "Nuevo Tratado de Panificación y Bollería". Segunda Edición. Editorial Mundi Prensa Libros S. A. España.
- **Cauvain-Young. (2002).** "Fabricación de pan". Editorial Acribia. Zaragoza –España.

- **Charley, H. (1989).** Tecnología de Alimentos: Procesos Químicos y Físicos de la preparación de alimentos. México, Editorial Limusa. pp. 207-208,215.
- **Collazos, C. (1993).** “La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú”. Sexta edición. Ministerio de salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima-Perú.
- **FAO. (2000).** “Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo”. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. Nº 29 ONU. Roma.
- **Herrera, N. y A. Faching. (1989).** Contenido de ácidos grasos en alimentos de mayor consumo en el Perú. Anexo 2. En: Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú. MSP. Instituto Nacional de Nutrición. Lima. Perú.
- **INTECAP. (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, GT). (1993).** El germen de Trigo. Guatemala, INTECAP (Boletín Técnico). 5 p.
- **Loayza C. (1978)** “Molienda selectiva en seco de leguminosas para la obtención de fracciones ricas en Proteínas” INDDA. Lima.
- **MINAG. (2008).** Oficina de Información Agraria. Ministerio de Agricultura. Lima Perú.
- **N. W. Desrosier. (1994)** Elementos de Tecnología de alimentos. Editorial Continental S. A. DE C. V. Primera edición. Décima reimpresión. México.
- **Ramírez, M, (2009).** “Desarrollo de un pan “cubilete”, adicionado de semillas de Chía (Salvia hispanica L.), como fuente de fibra para niños en edad escolar.” V CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA – MÉXICO.
- **Scade J., García j. (1981)** “CEREALES”. Editorial ACRIBIA. España.

PAGINAS WEB:

- **Bello, M- Villarán, V. (2004).** EDUCACIÓN, REFORMAS Y EQUIDAD EN LOS PAISES DE LOS ANDES Y CONO SUR: DOS ESCENARIOS EN EL PERÚ. Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación-UNESCO. Buenos Aires. Argentina.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001426/142602s.pdf>
- **N. Chasquibol (1999).** “Contribución a la normalización de productos tradicionales andinos: maca, kiwicha, cañihua, mashua”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos..Perú. Lima. <http://quinua.pe/pan-de-canihua/>
- **Odar, R. (2008).** La página de la Industria alimentaria. “El crecimiento de los alimentos funcionales”. Lima, San Miguel-Perú. <http://industrias-alimentarias.blogspot.com/2008/02/el-crecimiento-de-los-alimentos.html>.
- **Primo Y. (1981).** “Productos para el campo y propiedades de los alimentos”, Tomo III. Editorial Alambra. España-Madrid.
<http://elcomercio.pe/gastronomia/787230/noticia-ajonjoli-aliado-contra-colesterol>
- **Quispe L. (2010).** MINISTERIO DE SALUD- DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD- ANCASH.
http://www.tuberculosis.pe/sites/default/files/situacion_tb_region_ancash.pdf

ANEXOS

ANEXO I

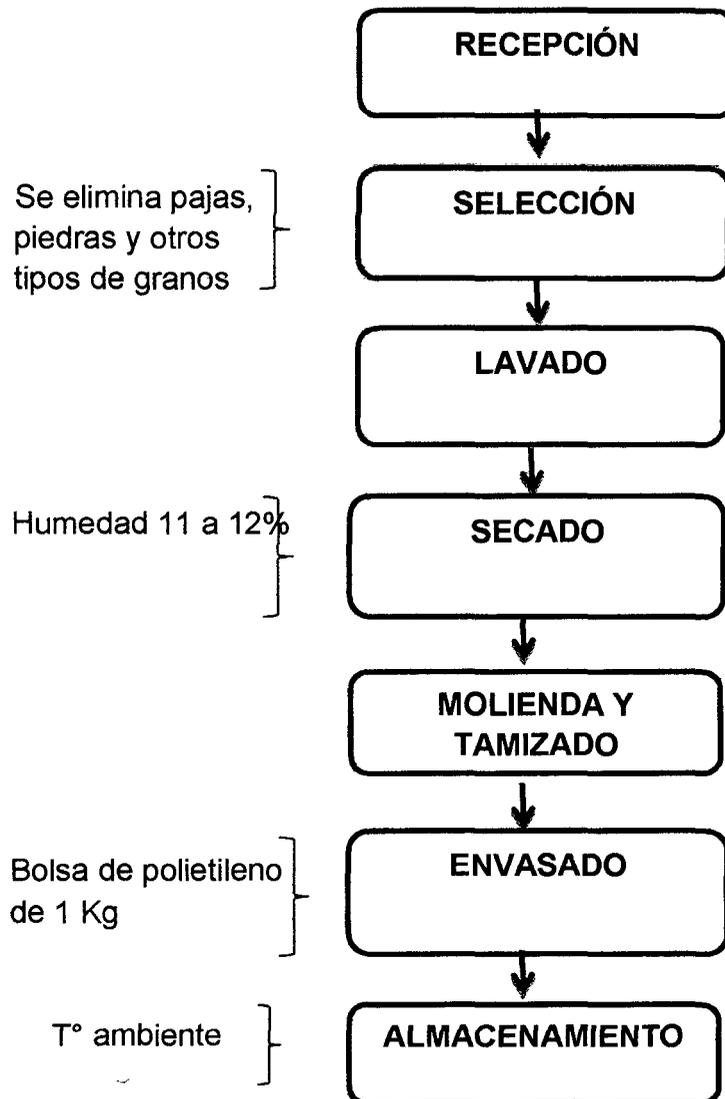


FIGURA 49: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Quinoa

ANEXO II

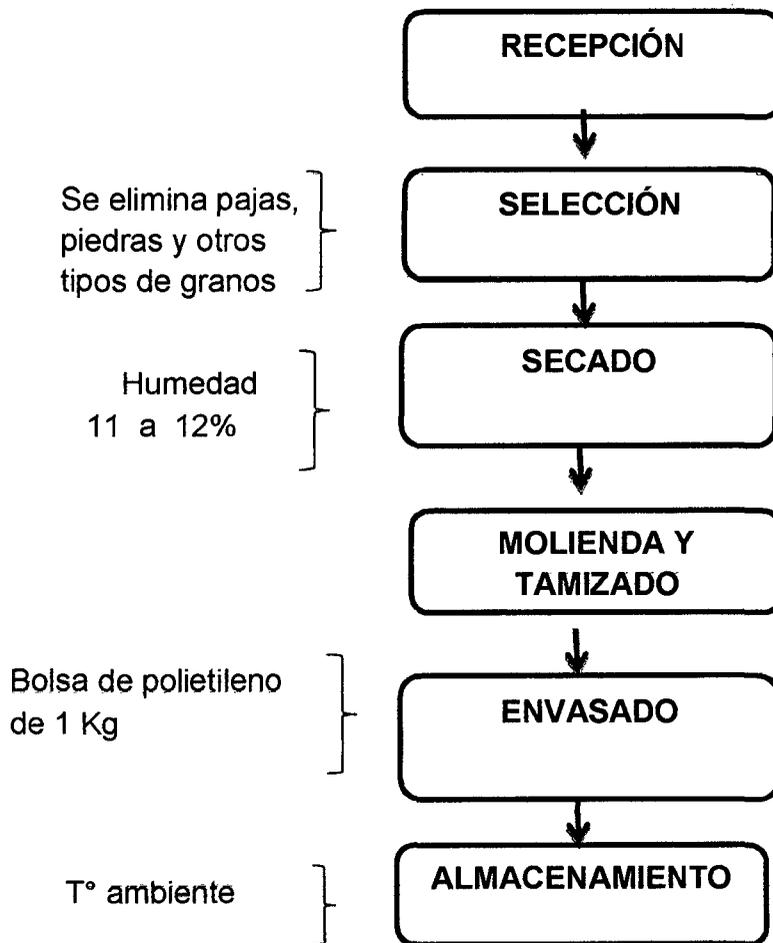


FIGURA 50: Diagrama de flujo para la obtención de harina de Cañihua

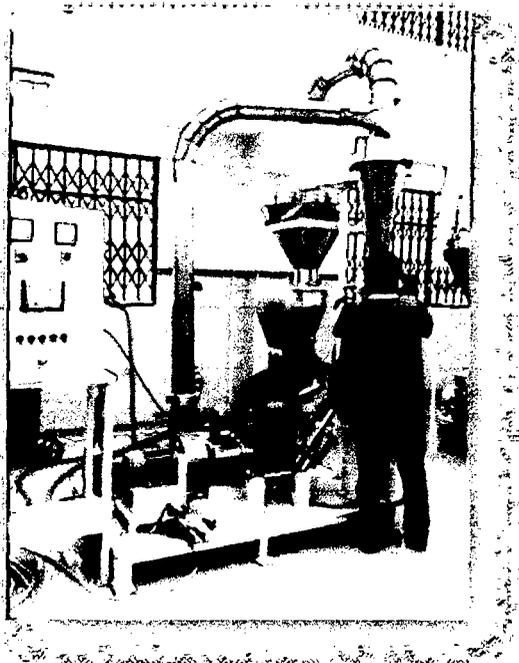


FIGURA 51: Molino para obtención de harina

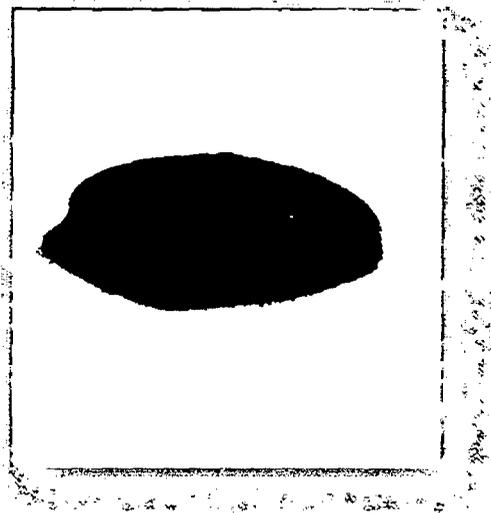


FIGURA 52: Granos de Cañihua

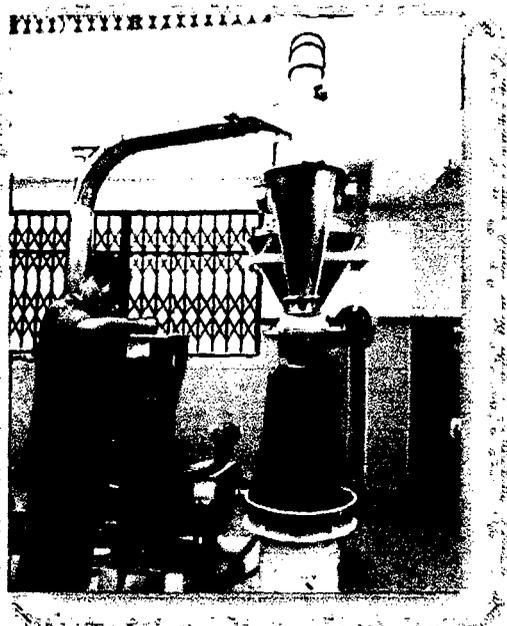


FIGURA 53: Obtención de harina



FIGURA 54: Harina de Quinua

ANEXO III

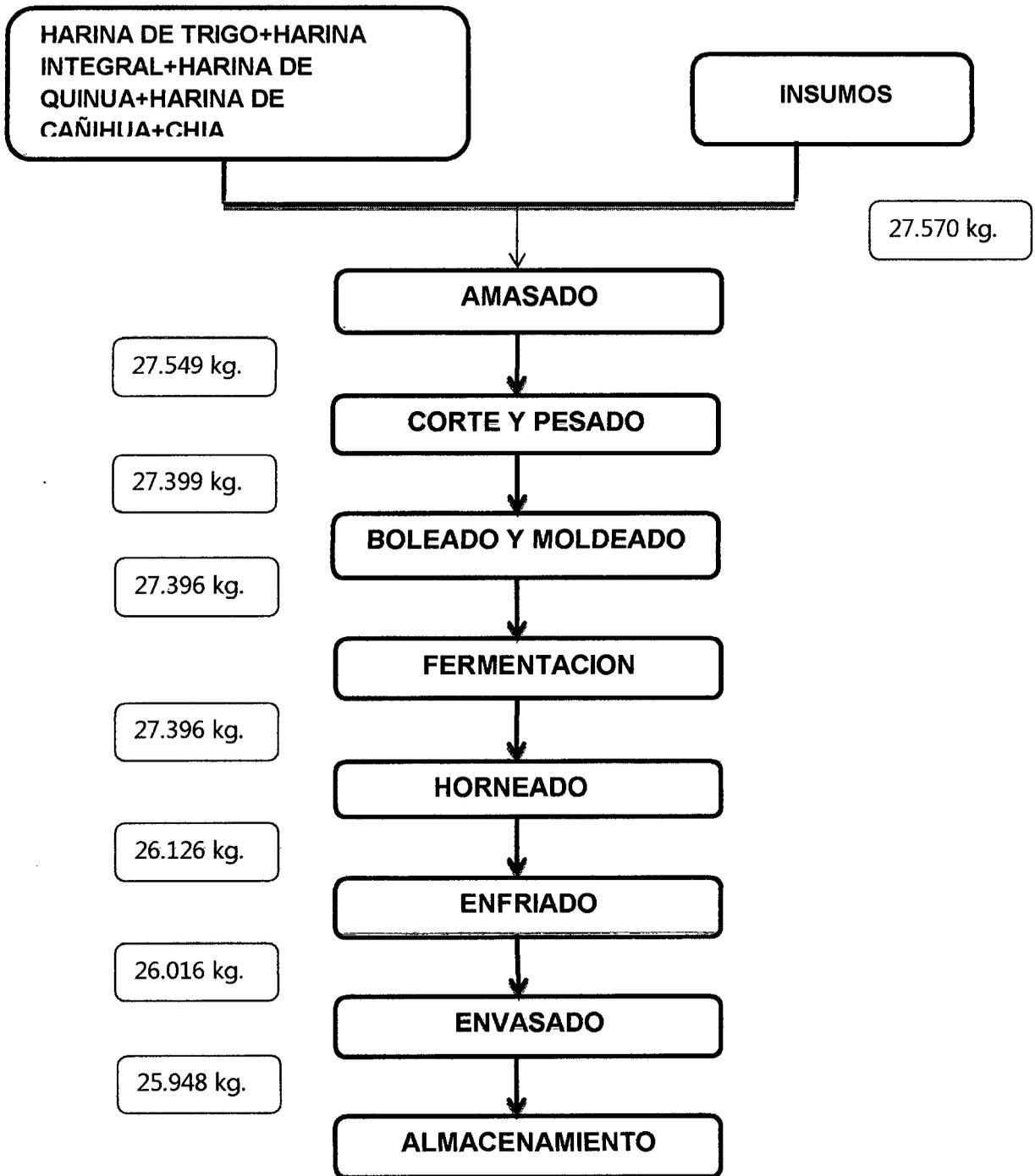


FIGURA 55: Balance de Materia para el proceso de elaboración de pan de molde

ANEXO IV

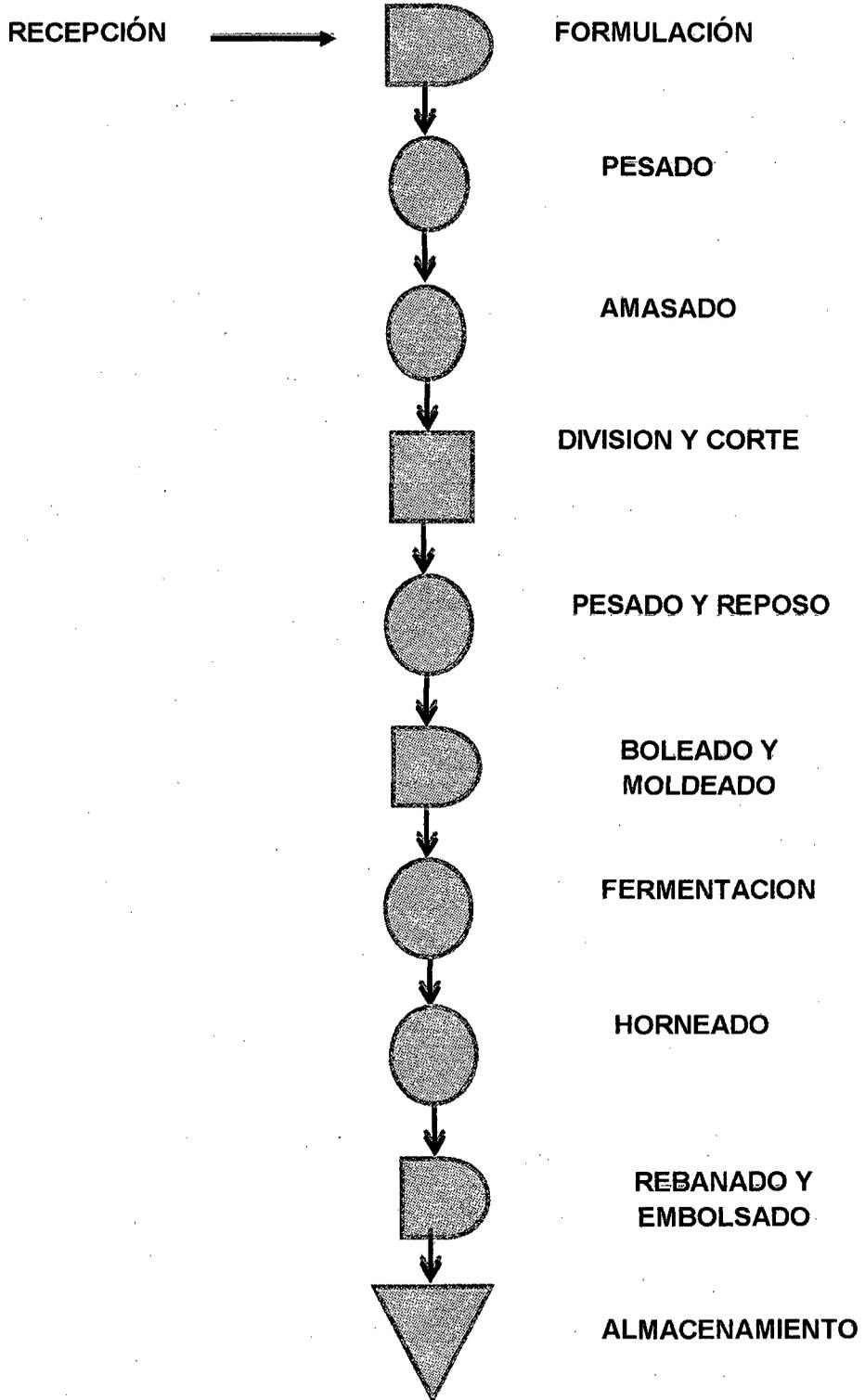


FIGURA 56: Diagrama de operaciones

ANEXO V

ANÁLISIS REOLÓGICOS DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL CON HARINA DE QUINUA, CAÑIHUA Y SEMILLAS DE CHIA

Brabender

Farinograph® 2010

Pedido:		Fecha:	09/10/2014 11:20:22	
Número de código:	hi,hi,hc,hq	Usuario:	ing john gonzales	
Muestra:	formulación 13			
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0	17/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00	mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864	
Peso de la muestra:	298,6	g	Humedad estándar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	13,6	%	Consistencia estándar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0	%	Rango mínimo de consistencia:	460 FE
Additional liquid:	0,0	%	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	primer ensayo			

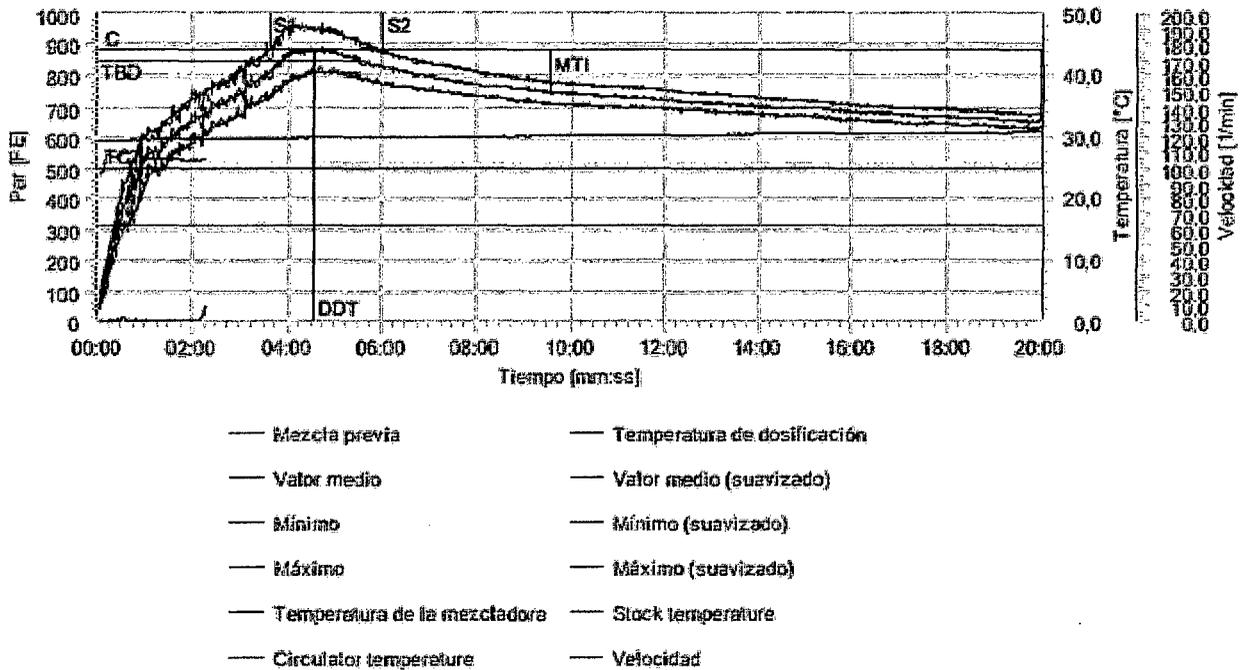


FIGURA 57: Evaluación farinografo formulación 13

Pedido:		Fecha:	10/10/2014 0:50:01	
Número de código:	hl,hl,lc,hq	Usuario:	ing john gonzales	
Muestra:	formulacion 14			
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0	1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00	mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864	
Peso de la muestra:	292,5	g	Humedad estándar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	11,8	%	Consistencia estándar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0	%	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0	%	Rango máximo de consistencia:	520 FE

Comentarios: primer ensayo

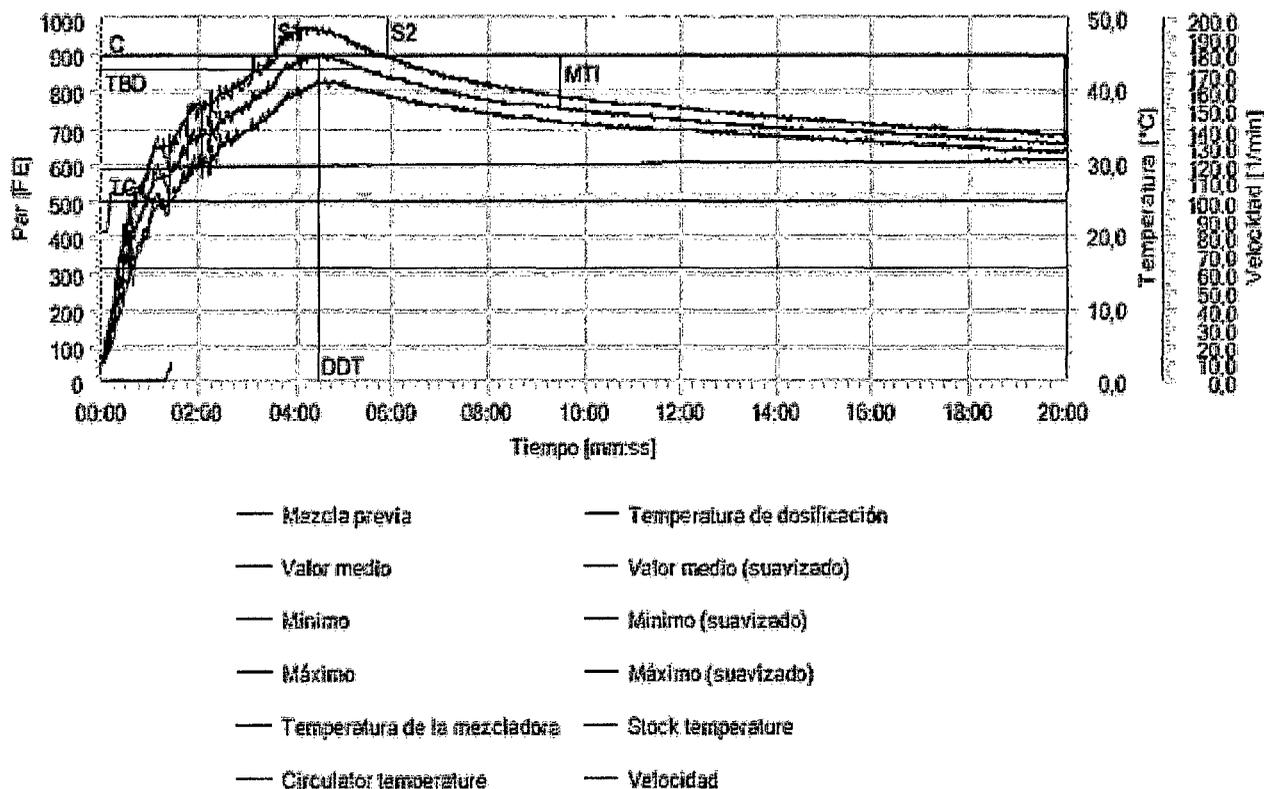


FIGURA 58: Evaluación farinógrafo formulación 14

Pedido:		Fecha:	10/10/2014 10:43:29	
Número de código:	ht,hj,hc,hq	Usuario:	ing john gonzales	
Muestra:	patron			
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0	11/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00	mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925264	
Peso de la muestra:	300,7	g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	14,2	%	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0	%	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0	%	Rango máximo de consistencia:	520 FE

Comentarios: primer ensayo

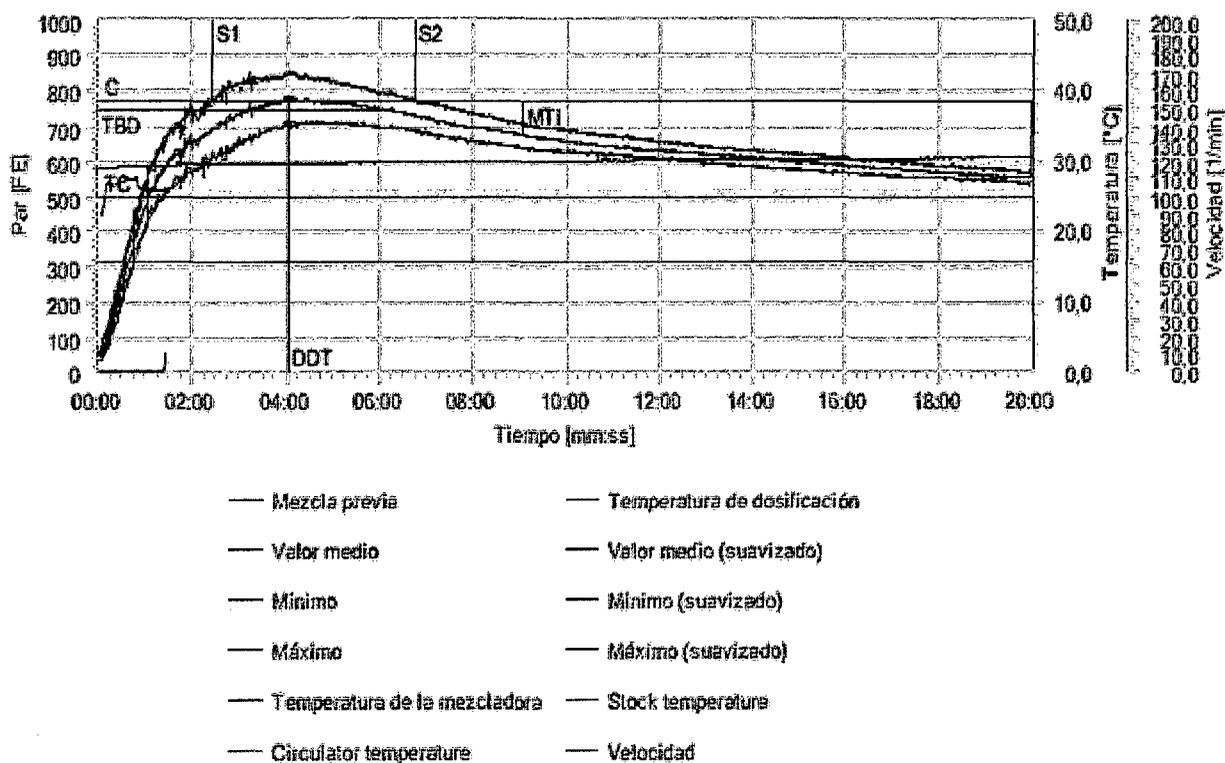


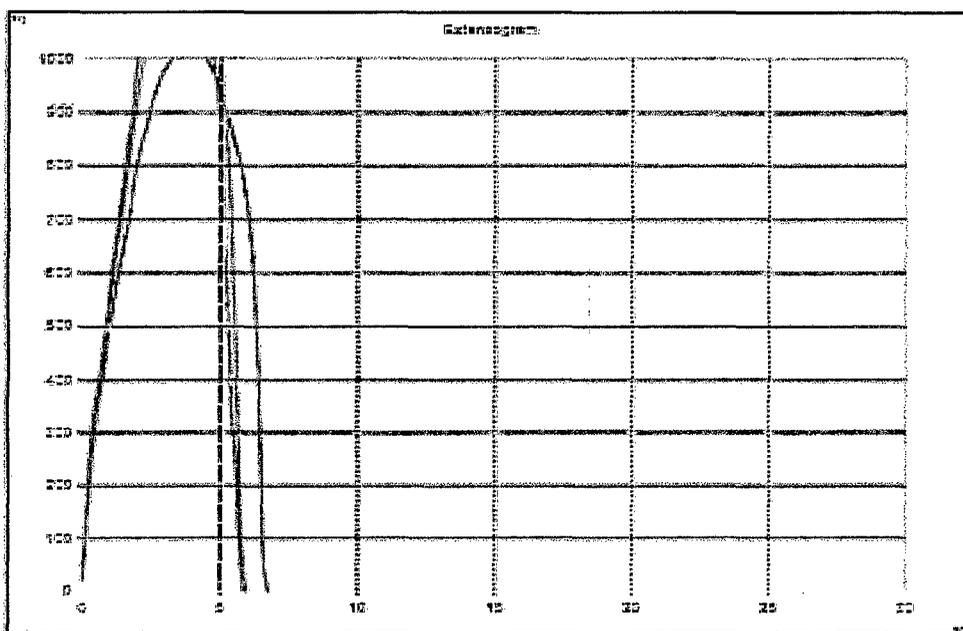
FIGURA 59: Evaluación farinógrafo patrón

Evaluation of sample: **formulation 13**
 Date: **14/10/2014**
 Operator:

Test after 30/60/90 Minutes
 Water absorptior: **56.2%**

Proving Time (min):	30	60	90
Energy (cmf):	89	89	87
Resistance to Extension (BU):	922	973	815
Extensibility (mm):	68	60	53
Maximum (BU):	1027	1243	1256
Ratio Number:	13.7	16.3	14.9
Ratio Number (Max.):	15.2	20.8	21.5

Remarks:



Test: C:\Users\IUNG-01\Documents\plata y karen\formulacion 13\EXD

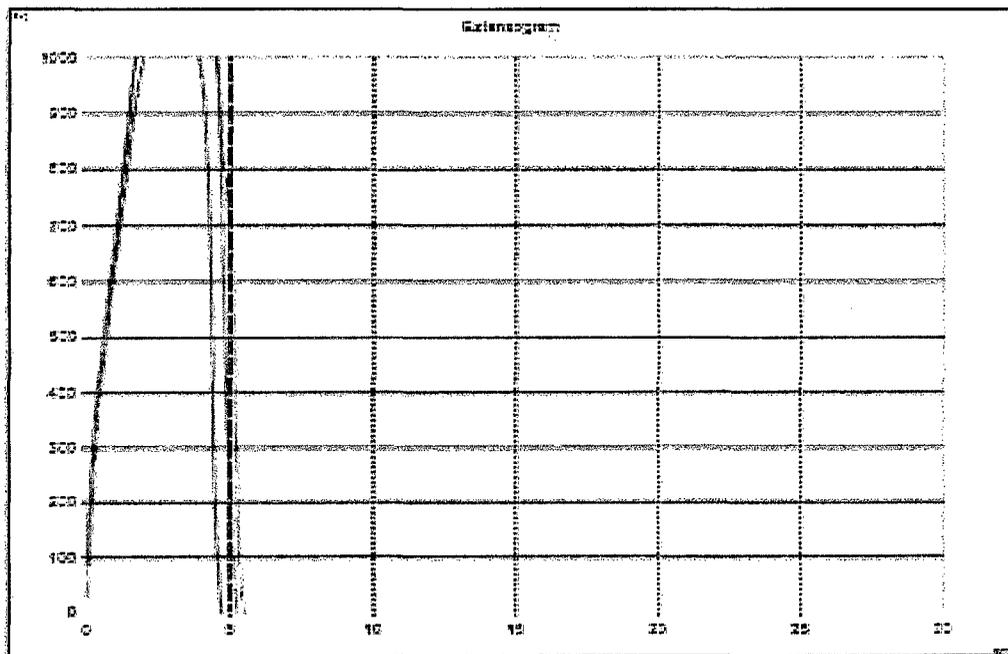
FIGURA 60: Evaluación extensografo formulación 13

Evaluation of sample: Formulation 14
 Date: 14/10/2014
 Operator:

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time (min):	30	60	90
Energy (mJ):	68	88	90
Resistance to Extension (EU):	88	176	622
Extensibility (mm):	47	53	55
Maximum (EU):	1187	1419	1414
Rolls Number:	1.8	3.3	11.4
Rolls Number (Max.):	24.9	27.0	25.8

Remarks:



Test: C:\Users\UN3-61\Desktop\plata y Karen\formulacion 14.EXD

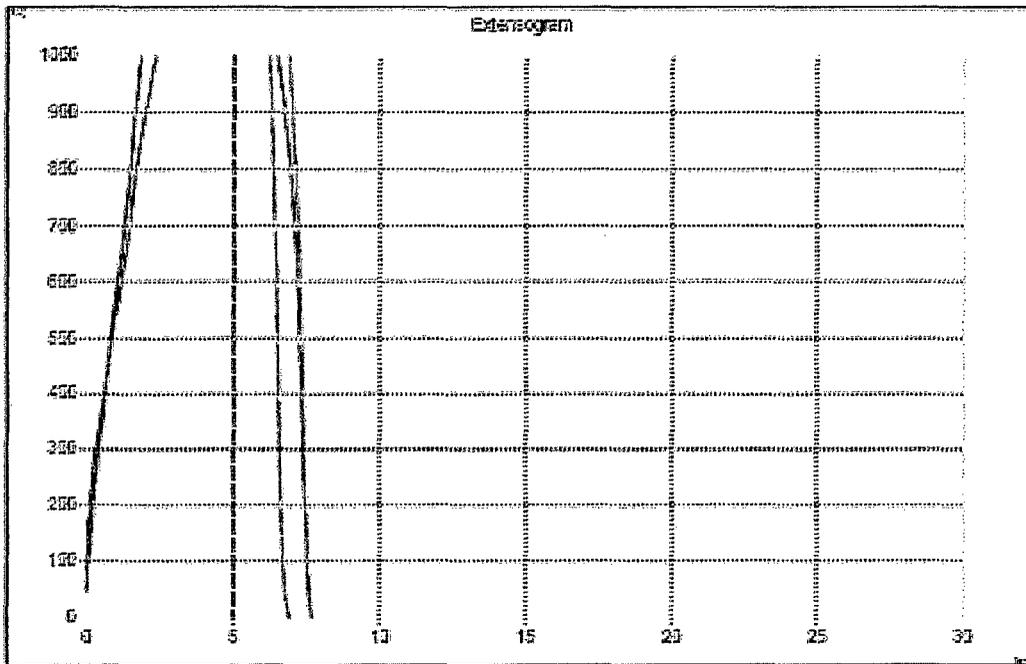
FIGURA 61: Evaluación extensografo formulación 14

Evaluation of sample: patron
 Date: 14/10/2014
 Operator:

Test after 30/50/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	128	154	135
Resistance to Extension [BU]:	1270	1553	1541
Extensibility [mm]:	77	77	69
Maximum [BU]:	1283	1638	1628
Ratio Number:	16.5	20.4	22.3
Ratio Number (Max.):	16.7	21.3	23.8

Remarks:



Test: C:\Users\WNS-01\Desktop\facia y karen\patron.EXD

FIGURA 62: Evaluación extensografo patron

Brabender® Amylograph

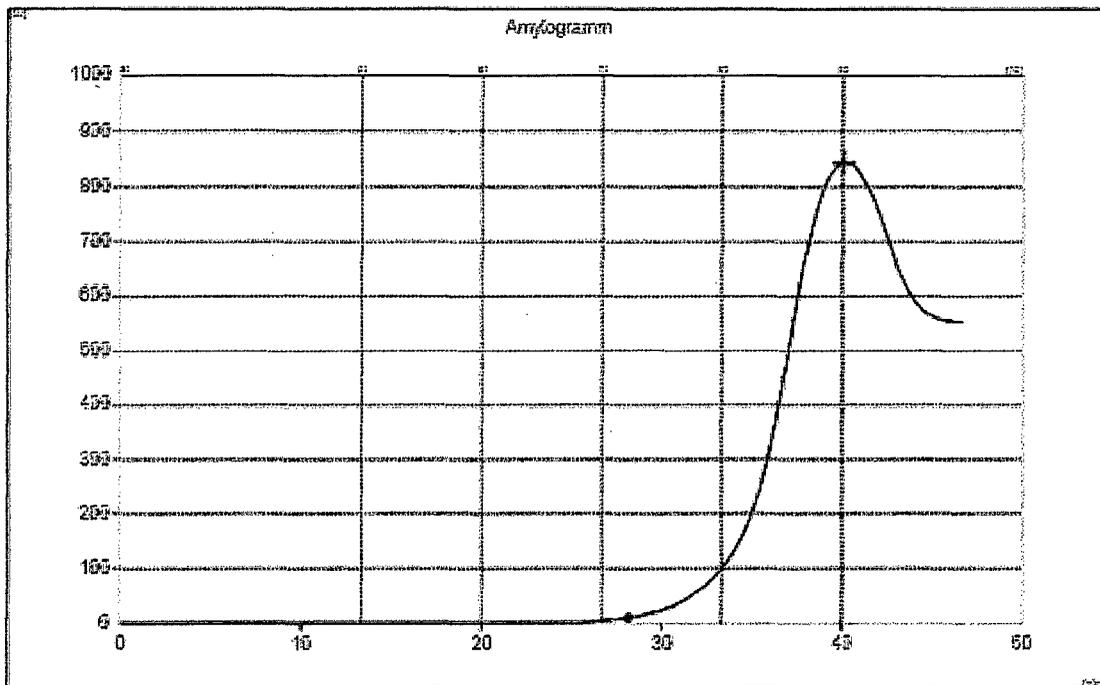
Brab

Flour - Amylogram: (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: formulation 13
Date: 09/10/2014 11:30
Operator:
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.6 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.6 g / 450.4 ml)

Begin of gelatinization: 72.3 °C
Gelatinization temperature: 90.1 °C
Gelatinization maximum: 843 AU

Remarks: harina trigo, hk,hi,hq



Test: noname

FIGURA 63: Evaluación amilógrafo formulación 13

Brabender® Amylograph

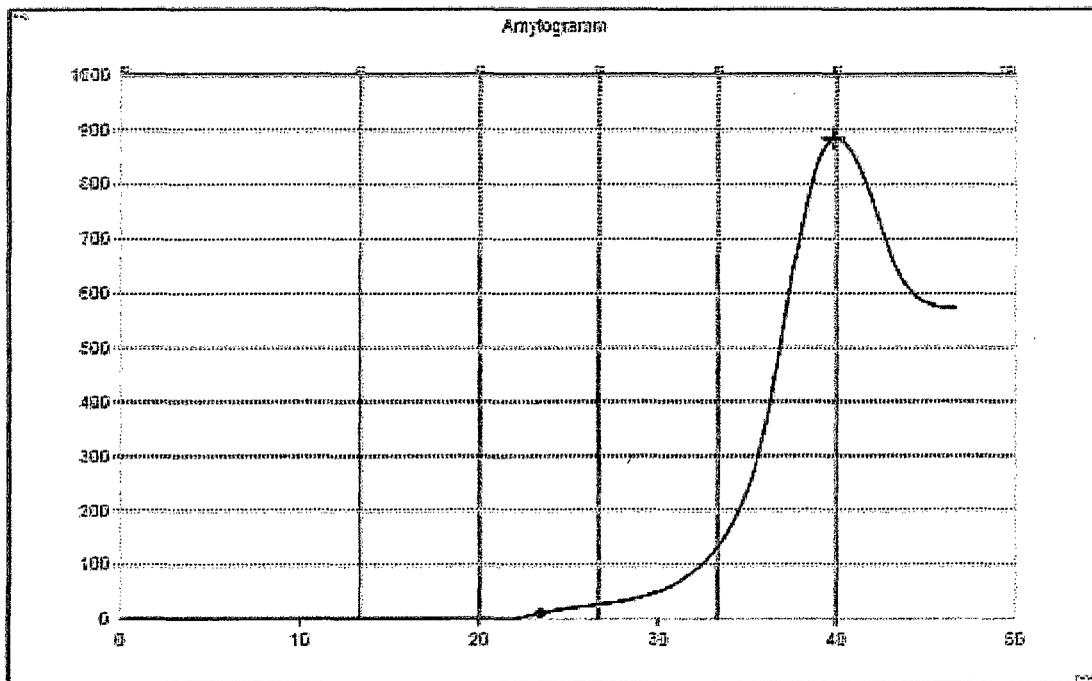
Brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: formulation 14
Date: 10/10/2014 09:44
Operator:
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 11.8 %
Sample weight corr. to 14.0 %: (78.0 g / 452.0 ml)

Begin of gelatinization: 65.1 °C
Gelatinization temperature: 89.8 °C
Gelatinization maximum: 884 AU

Remarks: harina frigo, hk,hi,hq



Test: noname

FIGURA 64: Evaluación amilógrafo formulación 14

Brabender® Amylograph

Brabender

Flour - Amylogram (20.0 g / 450.0 ml)

Evaluation of sample: patron

Date: 18/10/2014 10:48

Operator:

Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 14.2 %

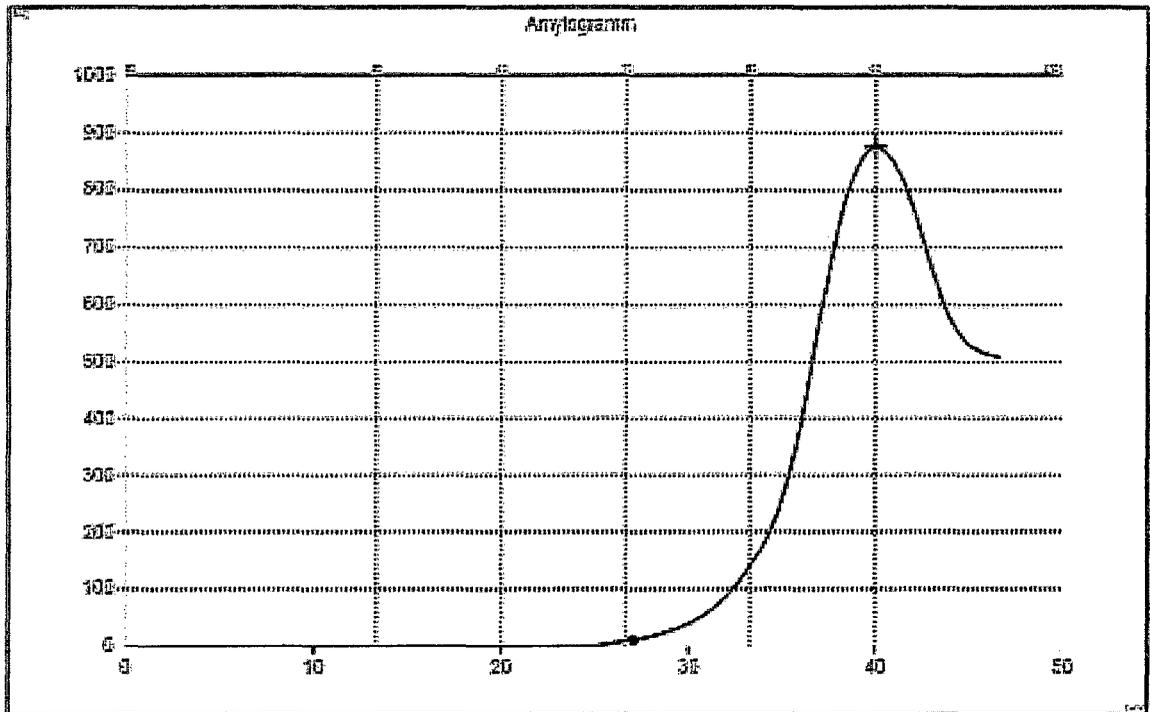
Sample weight corr. to 14.0 % : (20.2 g / 449.8 ml)

Begin of gelatinization: 70.6 °C

Gelatinization temperature: 90.0 °C

Gelatinization maximum: 875 AU

Remarks: harina trigo, bk,hi,hg



Test: noname

FIGURA 65: Evaluación amilógrafo patron

ANEXO VI

BALANCE DE ENERGÍA EN EL HORNO

El consumo de combustible (petróleo) se da solamente cuando trabaja el quemador (30 minutos para el incremento de temperatura del horno y 10 minutos para cada hora de horneado). El horno rotatorio de convección Nova trabaja con combustible diesel 2 a razón de 1 gal/hr.

Para los cálculos del balance de energía, nos basamos en la producción de pan de molde integral con harina de quinua, harina de Cañihua y chía, en un día de producción en la Planta Piloto Agroindustrial de la UNS, donde cada batch tuvo un tiempo de horneado de 45 minutos.

1. PRODUCCIÓN DE CALOR POR COMBUSTIÓN EN EL HORNO (Q_c):

Datos proporcionados por la PPA:

TIPO DE COMBUSTIBLE	Petróleo Diesel 2
CALOR DE COMBUSTIÓN (Q_{comb})	45500 KJ/Kg (Tabla 3-203 B.I.Q)
CONSUMO GLOBAL EN EL HORNO	1 galón / hora

De la fórmula:

$$Q_c = Q_{combustion} \times masa$$

1 galon \longrightarrow 60 minutos

X \longrightarrow 45 minutos

$$X = 0.75 \text{ gal.}$$

✓ Se sabe que la densidad del diesel (ρ) es:

$$\rho = 3.67 \text{ kg/gal}$$

✓ Para determinar la masa:

$$\text{Masa} = \rho \times \text{volumen}$$

$$\text{Masa} = 3.67 \text{ kg/gal} \times 0.75 \text{ gal}$$

$$\text{Masa} = 2.7525 \text{ kg.}$$

$$Q_c = Q_{\text{combustion}} \times \text{masa}$$

$$Q_c = 45500 \text{ KJ/Kg} \times 2.7525 \text{ kg.}$$

$$Q_c = 125238.75 \text{ kJ}$$

$$Q_c = 29918.478 \text{ Kcal}$$

2. REQUERIMIENTO DE CALOR POR LA MASA DEL PAN DE MOLDE CON HARINA DE ARRACÁCHA Y AJONJOLI (Q_p):

$$Q_p = m_p \times C_p \times \Delta T$$

Datos:

- Cantidad de panes por bandeja : 4 unidades/bandeja
- Numero de bandejas a trabajar : 4 bandejas
- Numero de panes : 16x2 batch = 32 panes
- Masa del pan : 20.8 kg
- $\Delta T = 140^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}$: 113°C

Calculando la capacidad calorífica del pan de molde (C_p):

$$C_p = 1.424(mg) + 1.549(mp) + 1.675(mf) + 0.837(mc) + 4.187(mh)$$

Cuadro 56: Composición Proximal del pan de molde

COMPOSICIÓN	%
mg = masa de carbohidratos	58.33
mp = masa de proteínas	13.9
mf = masa de grasa	2.58
mc = masa de ceniza	1.69
mh = masa de fibra	9.35

$$C_p = 1.424(0.5833) + 1.549(0.139) + 1.675(0.0258) + 0.837(0.0169) + 4.187(0.093)$$

$$C_p = 0.3571 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

Calculando el requerimiento de calor del pan de molde:

$$Q_p = m_p \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_p = 20.8 \text{ kg} \times 0.3571 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times 113^\circ\text{C}$$

$$Q_p = 839.302 \text{ Kcal}$$

3. REQUERIMIENTO DE CALOR DEL CARRITO Y LAS BANDEJAS (Q_{cb})

3.1. De los carritos ($Q_{carritos}$)

$$Q_{carritos} = m_{carrito} \times C_e \times \Delta T$$

Datos:

$$m_{carrito} = 20 \text{ kg c/u} \times 2\text{batch} = 40\text{kg} \quad C_e = 0.1194225\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 140^\circ\text{C} (\text{t}^\circ \text{ del horneado}) - 25^\circ\text{C} (\text{t}^\circ \text{ inicial}) = 115^\circ\text{C}$$

Reemplazando en:

$$Q_{carritos} = m_{carrito} \times C_e \times \Delta T$$

$$Q_{carritos} = 40 \text{ kg} \times 0.1194225\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times 115^\circ\text{C}$$

$$Q_{carritos} = 549.240 \text{ Kcal}$$

3.2. De las bandejas ($Q_{bandejas}$)

$$Q_{bandejas} = m_{bandeja} \times C_e \times \Delta T$$

Datos:

$$\text{Numero de bandejas} : 4 \text{ unidades} \times 2\text{batch} = 8 \text{ bandejas}$$

$$\text{Peso de cada bandeja} : 1.2\text{kg}$$

$$m_{bandeja} : 9.6 \text{ kg}$$

$$C_e : 0.1194225\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T : 115^\circ\text{C}$$

Reemplazando en:

$$Q_{bandejas} = m_{bandeja} \times C_e \times \Delta T$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 9.6\text{kg} \times 0.1194225\text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times 115^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{bandejas}} = 131.818 \text{ Kcal}$$

Por lo tanto:

$$Q_{\text{cb}} = Q_{\text{carritos}} + Q_{\text{bandejas}}$$

$$Q_{\text{cb}} = 549.240 \text{ Kcal} + 131.818 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{cb}} = 681.058 \text{ Kcal}$$

4. PERDIDAS DE CALOR EN EL HORNO

4.1. Perdidas de calor por radiación (Qr):

La ecuación de Stefan-Boltzam nos arroja calor neto de absorción:

$$Q_r = A \times \epsilon \times \sigma \times (T_1^4 - T_2^4)$$

Datos:

A = área de las placas expuestas a calentamiento del horno (m^2) = 6.79 m^2

ϵ = emisividad de la superficie de las placas (adimensional) = 0.039

σ = constante de Stefan-Boltzan ($\text{W/m}^2\text{K}^4$) = $5.66 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

T_1 = temperatura inicial de las placas ($^\circ\text{K}$) = $298^\circ\text{K} = 25^\circ\text{C}$

T_2 = temperatura más alta, luego de calentar las placas ($^\circ\text{K}$) = $413^\circ\text{K} = 140^\circ\text{C}$

Reemplazando en la ecuación:

$$Q_r = A \times \epsilon \times \sigma \times (T_1^4 - T_2^4)$$

$$Q_r = (6.79 \text{ m}^2)(0.039)(5.66 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4)(413^4 - 298^4)$$

$$Q_r = 729.892 \text{ kcal.}$$

4.2. Pérdidas de calor por conducción (Q_{cd}):

Aplicamos la ecuación de la ley de Fourier:

$$Q_{cd} = \frac{KA(T_1 - T_2)}{\Delta X}$$

Para varios materiales (aplicando ley de Fourier):

$$Q_{cd} = \frac{T_1 - T_2}{2 \left(\frac{\Delta X_A}{KAx_{A1}} \right) + \left(\frac{\Delta X_B}{KBx_{A2}} \right) + \left(\frac{\Delta X_C}{KCx_{A3}} \right)}$$

Dónde:

T_1, T_2 = Temperatura de las caras de la pared del horno.

$\Delta X_A; \Delta X_B; \Delta X_C$ = Espesor de la pared del acero, fibra de vidrio y vidrio.

$K_A; K_B; K_C$ = Conductividad térmica.

$A_1; A_2; A_3$ = Áreas de las placas expuestas al calentamiento

Datos:

$K_A = 47.5 \text{ W/m}^\circ\text{K}$	$K_B = 0.05 \text{ W/m}^\circ\text{K}$	$K_C = 0.8 \text{ W/m}^\circ\text{K}$
$T_1 = 140^\circ\text{C} (413\text{K})$	$T_2 = 30^\circ\text{C} (303\text{K})$	$\Delta T = 110$
$\Delta X_A = 0.01 \text{ m}$	$\Delta X_B = 0.1 \text{ m}$	$\Delta X_C = 0.03 \text{ m}$
$A_1 = 6.2289 \text{ m}^2$	$A_2 = 6.2289 \text{ m}^2$	$A_3 = 0.2336 \text{ m}^2$

Reemplazando en la ecuación:

$$Q_{cd} = \frac{T_1 - T_2}{2 \left(\frac{\Delta X_A}{K A_{x A 1}} \right) + \left(\frac{\Delta X_B}{K B_{x A 2}} \right) + \left(\frac{\Delta X_C}{K C_{x A 3}} \right)}$$

$$Q_{cd} = 228.366 \text{ W} \quad \longrightarrow \quad Q_{cd} = 524.381 \text{ Kcal}$$

4.3. Perdidas de calor por Convección (Qcv):

La ecuación de transferencia de calor por convección es:

$$Q_{\text{conv.int.}} = h \cdot A (T_w - T_b)$$

Dónde:

h = coeficiente de transferencia de calor ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$)

a = Area de las placas de calentamiento (m^2)

T_w = Temperatura de las placas al ser calentadas ($^\circ\text{K}$)

T_b = Temperatura del aire exterior del horno ($^\circ\text{K}$)

Además:

$$h = (K / L) a (N_{Gr} - N_{Pr})^m$$

Dónde:

K = Conductividad térmica del aire ($\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$)

a = Constante adimensional

N_{Gr} = Número de Grashof (adimensional)

N_{Pr} = Número de Prandtl (adimensional)

m =Constante

L = Longitud vertical de la placa del horno (m).

También:

$$N_{Gr} = L^3 \cdot \delta \cdot g \cdot \beta \cdot (\Delta T) / \mu^2$$

Dónde:

δ =Densidad del aire (Kg/m³)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

β = Coeficiente volumétrico de expansión térmica (°C⁻¹)

ΔT = Variación de temperatura (°C)

μ =Viscosidad del aire (Kg/m.s)

Así como:

$$\beta = 1 / T_g$$

Dónde:

T_g = temperatura promedio (°C)

$$T_g = \frac{T_w + T_b}{2}$$

Por convección interna (Q_{conv. int.}):

Cuadro 57: Datos de diseño interior del horno.

ÁREA TOTAL	6.46 m²
TEMPERATURA PLACAS AL CALENTARSE (T_w)	403°K
TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR DEL HORNO (T_B)	298°K
LONGITUD (L)	1.75 m
TEMPERATURA PROMEDIO (T_g)	350.5°K
COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE EXPANSIÓN TÉRMICA (B)	0.01274°C ⁻¹

Además:

$$a=0.54 \quad m=0.25 \quad \Delta T=103^{\circ}\text{C}$$

Datos de tablas: (Karlekar, 1999. Apéndice G-2. Pág. 772)

$$K = 0.026748 \text{ W/m.K.}$$

$$N_{Pr} = 0.60247.$$

$$\Delta = 0.84193 \text{ Kg/m}^2.$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\mu = 1.84039 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.Seg}$$

Reemplazando datos para el cálculo del número de Grashof (N_{Gr}):

$$N_{Gr} = L^3 \cdot \delta \cdot g \cdot \beta \cdot (\Delta T) / \mu^2$$

Reemplazando datos para calcular coeficiente de transferencia de calor

(h):

$$N_{Gr} = \frac{(1.75\text{m})^3 (0.84193\text{Kg/m}^2)^2 (9.8\text{m/seg}^2) (0.01274^{\circ}\text{C}^{-1}) (103^{\circ}\text{C})}{(1.84039 \times 10^{-5} \text{Kg/ms})^2} = 1.442378 \times 10^{11}$$

$$h = (K / L) a (N_{Gr} - N_{Pr})^m$$

$$h = \left(\frac{0.026748 \text{ / m}^{\circ}\text{K}}{1.75 \text{ m}} \right) 0.54 (1.442378 \times 10^{11} - 0.60247)^{0.25} = 5.0865 \text{ / m}^2 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

Reemplazando datos para hallar la transferencia de calor por Conv. Interna:

$$Q_{\text{conv.int.}} = h \cdot A (T_w - T_b)$$

$$Q_{\text{conv. Int}} = 5.0865 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 6.46 \text{ m}^2 (403 - 298) \text{ }^\circ\text{K} = 3560.256 \text{ W}$$

$$Q_{\text{conv. Int}} = 7922.350 \text{ Kcal}$$

Por conveccion externa (Qconv. ext):

Cuadro 58: Datos de diseño exterior del horno.

ÁREA TOTAL	12.9 m²
TEMPERATURA PLACAS AL CALENTARSE (T _w)	323°K
TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR DEL HORNO (T _B)	298°K
LONGITUD (L)	1.93 m
TEMPERATURA PROMEDIO (T _g)	310.5°K
COEFICIENTE VOLUMÉTRICO DE EXPANSIÓN TÉRMICA (B)	0.02597°K⁻¹

Además:

$$a = 0.54$$

$$m = 0.25$$

$$\Delta T = 25^\circ\text{C}$$

Datos de tablas: (Karlekar, 1999. Apéndice G-2. Pág. 772)

$$K = 0.0271117 \text{ W/m.K.}$$

$$N_{Pr} = 0.70524.$$

$$\delta = 1.136138 \text{ Kg/m}^2.$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\mu = 2.00416 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.Seg}$$

Reemplazando Datos en:

$$N_{Gr} = L^3 \cdot \delta \cdot g \cdot \beta \cdot (\Delta T) / \mu^2$$

$$N_{Gr} = \frac{(1.93\text{m})^3 (1.1361 \text{ kg / m}^3)^2 (9.8\text{m / seg}^2) (0.0259 \text{ }^\circ\text{C}^{-1})(25^\circ\text{C})}{(2.00416 \times 10^{-5} \text{ Kg / ms})^2} = 1.4699 \times 10^{11}$$

$$h = (K/L) a (N_{Gr} - N_{Pr})^m$$

$$h = \left(\frac{0.0271117 / \text{m}^\circ\text{K}}{1.93 \text{ m}} \right) 0.54 (1.4699 \times 10^{11} - 0.70524)^{0.25} = 4.6970 / \text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$$

Reemplazando datos para hallar la transferencia de calor por Conv.

Externa:

$$Q_{\text{conv.ext.}} = h \cdot A (T_w - T_b)$$

$$Q_{\text{conv. Int}} = 4.6970 \text{ W / m}^2 \text{ }^\circ\text{K} \times 12.9 \text{ m}^2 (323 - 298) \text{ }^\circ\text{K} = 1514.781 \text{ W}$$

$$Q_{\text{conv. Int}} = 3478.285 \text{ Kcal}$$

Por lo tanto la pérdida total por convección sería:

$$Q_{\text{conv. total}} = Q_{\text{conv. int}} + Q_{\text{conv. ext}}$$

$$Q_{\text{conv. total}} = 7922.350 + 3478.285$$

$$Q_{\text{conv. total}} = 11400.635 \text{ Kcal}$$

Finalmente las pérdidas totales son (Q_T)

$$Q_T = Q_p + Q_{cb} + Q_r + Q_{cd} + Q_{\text{conv total}}$$

Donde:

Q_p = Requerimiento de calor por la masa de pan

Q_{cb} = Requerimiento de calor del carrito y las bandejas

Q_r = Perdidas de calor por radiación del horno

Q_{cd} = Perdidas de calor por conducción en el horno

$Q_{conv\ total}$ = Perdidas de calor por convección en el horno

Reemplazando cada valor en la ecuación, la pérdida total sería:

$$Q_T = 839.302 + 681.058 + 729.892 + 524.381 + 11400.635$$

$$Q_T = 14175.268 \text{ kcal}$$

CALCULO DEL RENDIMIENTO:

$$R = \frac{Q_t}{Q_c} \times 100$$

Donde:

Q_t = pérdida total de calor

Q_c = producción de calor por combustión en el horno

Reemplazando en la ecuación del rendimiento:

$$R = (14175.268 \text{ kcal} / 29918.478 \text{ Kcal}) \times 100$$

$$R = 47.380 \%$$

ANEXO VI

Costos de Producción

Número de unidades a elaborar: 36 panes

Tiempo de producción: 1 día

DETERMINACION DE LOS COSTOS VARIABLES:

Cuadro 59: Costos de materia prima.

MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
			(S/.)	(S/.)
Harina de trigo	6.5	Kg	2.2	14.3
Harina de Quinoa	1.125	Kg	18	20.25
Harina de Cañihua	1.875	Kg	16	30
Harina Integral	6.5	Kg	2.8	18.2
Chia	0.525	Kg	20	10.5
Manteca	1.5	Kg	6	9
Levadura seca	0.375	Kg	12	4.5
Gluten	0.225	Kg	16	3.6
Azúcar Rubia	1.2	Kg	2.4	2.88
Sal	0.3	Kg	1	0.3
Antimoho	0.045	Kg	15	0.675
Mejorador	0.15	Kg	20	3
Emulsionante	0.15	Kg	14	2.1
Bolsas	1	Unidades	7	7
TOTAL				126.305

Cuadro 60: Materiales Indirectos, mano de obra de producción y otros.

Materiales Indirectos	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo (S/.)
Combustible petróleo	0.75	Galones	14	10.5
Energía eléctrica	6.124	KW-hr	0.325	1.99
Detergente	0.25	Kg	1	0.25
Agua	0.9	m ³	0.6365	0.57
	TOTAL			13.31

Mano De Obra	Cantidad	Costo/Kg.	Kg. Producción	Costo (S/.)
Responsable de línea	2	0.5	20.8	10.4
Ayudante	1	0.2	20.8	4.16
	SUB-TOTAL			14.56

Otros	Cantidad	Unidades	Costo Unitario	Costo (S/.)
Transporte	2	viaje	7	14
	TOTAL			14

Cuadro 61: Total de costos variables.

Costos de materia prima	126.305
Monto de materiales indirectos	13.31
Mano de obra	14.56
Otros	14
TOTAL	168.175

Costo variable total = 168.175

N° de bolsas = 32

Costo variable unitario = 168.175/32

Costo Variable Unitario (CVU) = S/. 5.26 * bolsa

A4.1 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS FIJOS

Cuadro 62: Determinación de costos fijos por depreciación de Equipos y Materiales.

Equipos Y Materiales	Cantidad	Costo	Costo	Vida Útil (AÑOS)	Depreciación Por Día de Producción (S/.)
		Unitario (S/.)	Total (S/.)		
Horno	1	43134.52	43134.52	10	11.82
Cámara de Fermentación	1	6576	6576	10	1.80
Amasadora	1	10412.5	10412.5	5	5.71
Coche máx. 1000	9	3276.17	29485.53	10	8.08
Mesa de acero inoxidable	2	3855.88	7711.76	10	2.11
Balanza (0-5 Kg.)	2	85	170	5	0.09
Jarra plástica (2Lt.)	3	4	12	3	0.01
Cortadores de plástico	3	2	6	3	0.01
Guardapolvos	3	30	90	2	0.12
Gorro y mascarilla	3	2	6	0.5	0.03
Mantenimiento de equipos	4	50	200	0.08	6.85
SUBTOTAL					36.63

Por depreciación de infraestructura:

Valor del metro cuadrado de área techada = S/. 406.70

Área de la planta piloto = S/. 528.8 m²

Valor de la infraestructura = S/. 215062.96

Vida útil	= 30 años
Depreciación por día de trabajo	= S/. 23.89
Área de panificación	= S/. 8. 935 %
(528.8) = 47.25 m ²	
Depreciación para la línea de panificación	= S/. 2.135

OTROS GASTOS:

Cuadro 63: Gastos administrativos.

Gastos	Costo por mes (S/.)	Costo por día (S/.)
Luz	30	1.2
Agua	20	0.8
Materiales de oficina	50	2.0
Teléfono	55	1.8
Impuestos	120	4
SUB-TOTAL		9.8

Cuadro 64: DETERMINACION DEL COSTO FIJO TOTAL (CFT)

MOTIVO	COSTO POR DIA DE PRODUCCION (S/.)
Depreciación de equipos y materiales	36.63
Depreciación de infraestructura	2.14
Gastos administrativos	9.8
TOTAL	48.57

A.4.2 DETERMINACION DEL COSTO TOTAL DE PRODUCCION (CTP)

$$CTP = CVT + CFT$$

Dónde:

- **CVT**= Costo Variable Total.
- **CFT**= Costo Fijo total.

$$\mathbf{CTP = 168.175 + 48.57}$$

$$\mathbf{CTP = S/. 216.745}$$

A.4.3 DETERMINACION DEL COSTO DE PRODUCCION POR UNIDAD (CPU)

$$\mathbf{CPU = \frac{CTP}{n}}$$

Dónde:

- **CTP**= Costo Total de producción.
- **n**= Número de unidades producidas

$$\mathbf{CPU = \frac{216.745}{32}}$$

$$\mathbf{CPU = S/. 6.77}$$

A.4.4 DETERMINACIÓN DE LA GANANCIA POR UNIDAD (GPU)

$$\mathbf{GPU = PV - CPU}$$

Dónde:

PV = precio venta

GPU = costo de producción por unidad

$$\mathbf{GPU = 8.5 - 6.77}$$

$$\mathbf{GPU = S/. 1.73}$$

A.4.5 PUNTO DE EQUILIBRIO (PE)

$$PE = \frac{CFT}{PV - CVU}$$

Dónde:

- **CFT**= Costo Fijo Total.
- **PV**= Precio de venta.
- **CVU**= Costo Variable Unitario.

$$PE = \frac{CFT}{PV - CVU}$$

$$PE = \frac{48.57}{8.5 - 5.26}$$

$$PE = 14.97 \cong 15 \text{ bolsas}$$

A.4.6 DETERMINACION DE LA GANANCIA POR PRODUCCION (GP)

$$GP = (n - PE)(PV - CVU)$$

Dónde:

- **n**= Unidades producidas.
- **PV**= Precio de venta.
- **CVU**= Costo Variable Unitario.
- **PE**= Punto equilibrio

$$GP = (32 - 15)(8.5 - 5.26)$$

$$GP = S/.55.25$$

Por lo tanto, para una producción de 32 unidades de pan de molde, se obtiene una ganancia de **S/. 55.**

ANEXO VII
PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DEL VOLUMEN
ESPECÍFICO.

- Se pesó el pan integral.
- Se colocó el pan integral en un recipiente geométrico que contiene alpiste.
- Luego se procede a desplazar todas aquellas semillas que fueron desplazadas por el pan integral.
- Mediante una probeta medimos la cantidad de volumen que ocupó el pan integral.
- Este procedimiento se realiza

Calculo:

$$\text{volumen específico} = \frac{\text{volumen del pan integral (ml)}}{\text{masa (gr)}}$$



FIGURA 66: Determinación del volumen específico del pan integral

ANEXO VIII

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

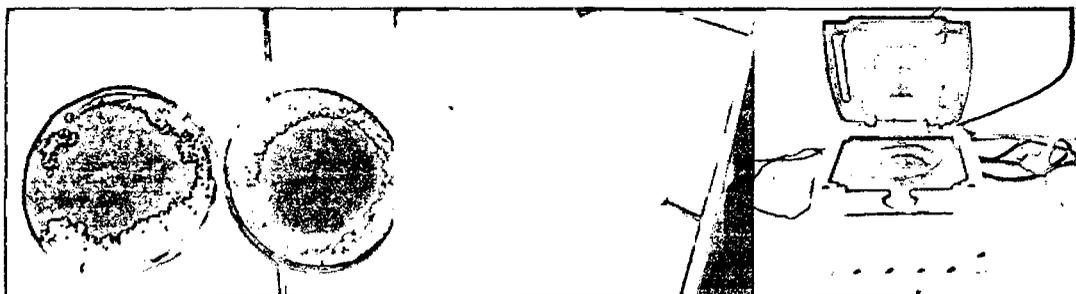


FIGURA 67: Determinación de la humedad de la harina de Quinua, Cañihua y semillas de Chia.

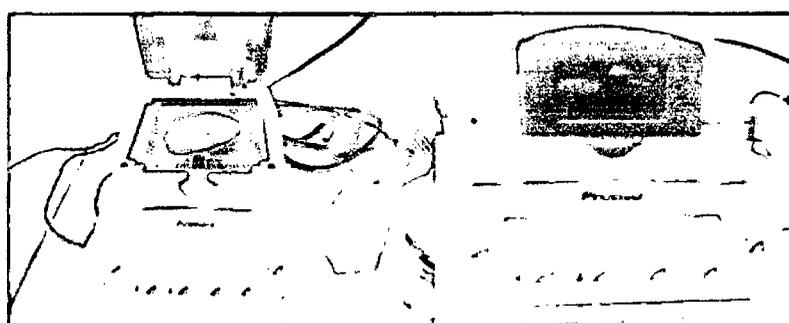


FIGURA 68: Determinación de la humedad de la harina de Quinua y Cañihua.

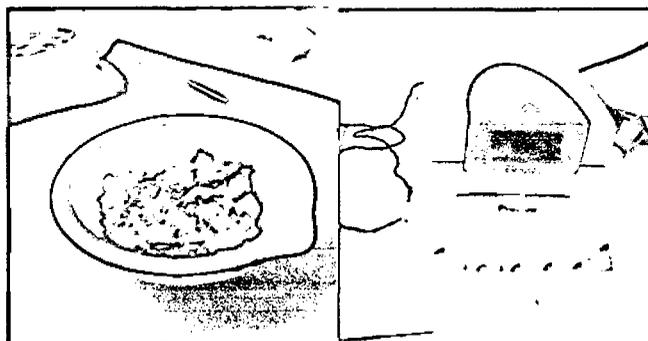


FIGURA 69: Determinación de la humedad del pan integral.

ANEXO IX

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

- Pesarse el crisol vacío en la balanza analítica.
- Agregar 3 ó 4 gramos de muestra de pan de molde.
- Quemar previamente la muestra en la cocina eléctrica, para evitar la expansión de malos olores y el manchado de la mufla por unos 15 minutos.
- Llevar la muestra a la mufla por un lapso de 1.5 horas a 600°C.
- Pasado el tiempo establecido, retirar la muestra de la mufla y dejar reposar por 15 minutos.
- Pesarse la muestra en la balanza analítica.
- Mediante la fórmula, calcular el % de cenizas de la muestra.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(P_1 - P_0)}{P} \times 100 \times \frac{85}{100 - H}$$

Dónde:

- P_1 = Peso del crisol más las cenizas
- P_0 = Peso del crisol
- P = Peso inicial de la porción de muestra
- H = Humedad de la muestra (%)



FIGURA 70: Determinación de cenizas del pan integral.

ANEXO X

DETERMINACION DE GRASAS

- Se utilizó aproximadamente 4 gr de muestra seca y molida pesados., en papel filtro rápido previamente tarado. Se utilizó el método de la extracción con hexano.
- Se colocó la muestra seca de materia prima, contenida en el papel filtro en la cámara de extracción soxhlet o cámara de extracción del equipo buchí, la extracción se hace con éter de petróleo (hexano) bidestilado durante 4 horas y regulando la temperatura de manera que el sifoneo ocurra 16 veces por hora. El extracto etéreo se recibe en vaso buchí seco y tarado o en un balón soxhlet
- El extracto obtenido, se evapora y se seca en la estufa durante 1 hora a 100 °C, enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente y pesar.
- Calculamos el % de grasa a través de la siguiente formula:

$$\%Grasa = \frac{P_2 - P_1}{P_m} * 100$$

Dónde:

- Grasa: contenido de grasa en porcentaje de masa.
- P_m: Peso de la muestra en gr.
- P₁: Peso del balón vacío en gr.
- P₂: Peso del balón más residuo seco en gr.

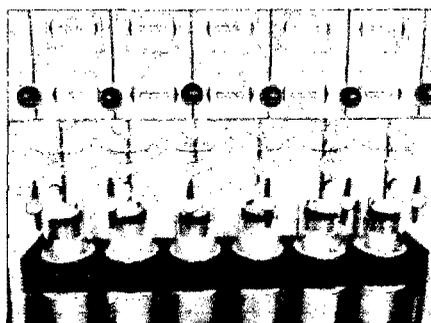


FIGURA 71: Determinación de grasas del pan integral.

ANEXO XI

DETERMINACION DE PROTEINAS

Digestión de la materia orgánica

- Para el producto final, se pesó aproximadamente 1 gr. de muestra molida sobre papel libre de cenizas y se coloca dentro del balón Kjendhal.
- Se agregan 15 gr. de sulfato de potasio anhidro y 1 gr de sulfato de cobre anhidro.
- Se agregan 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y luego se agita cuidadosamente la mezcla con movimiento circular.
- Se coloca el balón en el aparato de digestión y calentar la mezcla de digestión a temperatura baja hasta que cese la formación de espuma. Aumentar progresivamente la temperatura de la hornilla.
- Continuar calentando hasta obtener una solución transparente (o hasta que alcance un color azul- verde claro) libre de partículas de carbón y dejar por espacio de 90 minutos.
- Enfriar a temperatura ambiente, tapados con un tapón de jebe de neopreno y después agregar 150 ml de agua destilada y agitar con movimientos giratorios para mezclar.

Destilación del amoniaco

- Preparar un matraz Erlenmeyer de 500 ml, que contenga 50 ml de ácido sulfúrico a 0.1 N y cantidad suficiente de agua, de tal manera que el terminar del condensador quede sumergido en la solución.
- En el balón de destilación agregar 60 ml de solución de NaOH al 50% a la muestra digestada diluida que se encuentra a temperatura ambiente, por la pared lateral del balón de destilación, colocar en la cocinilla el balón de destilación, agitar vigorosamente con movimientos giratorios para mezclar completamente el contenido y abrir la llave del agua del caño para que empiece el proceso de destilación.

- Destilar hasta que todo el amoniaco haya pasado a la solución, logrando destilar mayor o igual a 250 ml del destilado, bajar el matraz Erlenmeyer de 500 ml receptor y dejar drenar el líquido por la punta del condensador. Desconecta el calentador de destilación.

Titulación

- La solución de ácido sulfúrico a 0.1 N del matraz destilado se titula con solución estándar de NaOH 0.1 N, hasta lograr un cambio de color que indica el punto final. Registrar el gasto del H₂SO₄.
- Calcular el contenido de nitrógeno mediante la siguiente formula. El contenido de nitrógeno de la muestra como porcentaje en masa (%N), es igual:

$$\%N \text{ total} = \frac{(V_{bk} - V_m) * N \text{ hidroxido de sodio} * 0.014}{m} * 100$$

Dónde:

- V_{bk}= volumen en ml de solución estándar de hidróxido de sodio necesario para titular el ensayo en blanco.
- V_m= Volumen, ml de solución estándar de hidróxido de sodio necesarios para la titulación de la muestra.
- N= normalidad de la solución estándar del hidróxido de sodio
- 0.014= meq – g del nitrógeno
- M= peso de la muestra en gramos

Calculo del contenido de proteínas

% Proteínas total= %Ntotal* FACTOR DE CONVESRION DE PROTEINAS

Factor de conversión de proteínas=6.35



FIGURA 72: Digestión de las muestras (harina y pan integral).

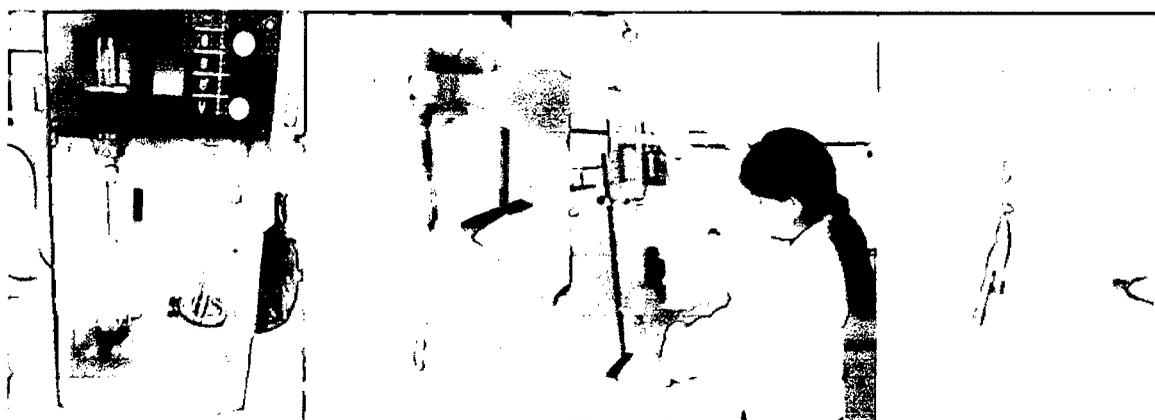


FIGURA 73: Destilación y titulación de las muestras (harina y pan integral).

ANEXO XII

DETERMINACION DE FIBRA

- Pesar aproximadamente 2gr de muestra libre de humedad y grasa.
- Transferir cuantitativamente a un matraz de 500 ml y añadir algunas perlas de vidrio. Agregar 200 ml de solución de H₂SO₄ (1.25%) hirviendo, colocarlo en una coccinilla y mantener la muestra en ebullición durante 30 minutos aproximadamente. Durante la ebullición el contenido del matraz debe mantenerse perfectamente mezclado. Transcurridos los 30 minutos, retirar el matraz de la coccinilla y filtrar la solución a través de un embudo Buchner. Una vez filtrada la solución, lavar el residuo del embudo con agua hirviendo, se debe lavar hasta que el agua salga a pH neutro.
- Transferir cuantitativamente el residuo del embudo al matraz y agregar 200 ml de la solución de NaOH (1.25%) hirviendo, y proceder de igual manera como se hizo durante la digestión acida. Después de los 30 minutos de digestión alcalina, retirar de la coccinilla y filtrar de igual forma que en la digestión acida, lavando con agua hirviendo hasta que el agua salga a pH neutro.
- Lavar el residuo con etanol (95%) y transferir totalmente su contenido a un crisol de porcelana. Colocar el crisol de porcelana en una estufa a 130°C durante 2 horas, pesar la capsula a un desecador y pesarla cuando se encuentre a temperatura ambiente.
- Poner la capsula de porcelana en una mufla y mantener a 600°C aproximadamente por 30 minutos (hasta la destrucción total de toda la materia orgánica).
- Una vez destruida la materia orgánica, colocar el crisol de porcelana en un desecador hasta alcanzar la temperatura de ambiente.

Nota: el contenido de fibra cruda en el peso de muestra corresponde a la pérdida de peso después de la incineración.

- **Calculo**

$$\% \text{ Fibra bruta} = (A-B)/m$$

- **Dónde:**

- A= peso del crisol con el residuo
- B= peso del crisol con el residuo calcinado
- M= peso de la muestra



FIGURA 74: Determinación de fibra en el pan integral.

ANEXO XIII
EVALUACION BIOLOGICA

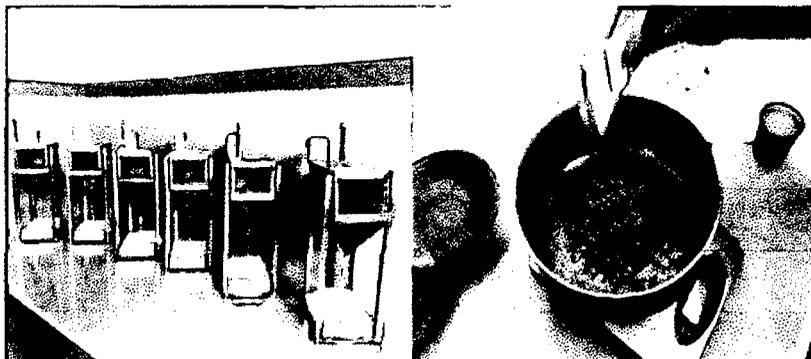


FIGURA 75: Periodo de adaptación



FIGURA 76: Pesado de las ratas



FIGURA 77: Recolección de heces y orina

ANEXO XIV

EVALUACION BIOLOGICA.

TIPO DE ANALISIS: PER

ESPECIE: HOLTMAN **SEXO:** MACHOS

N° ANIMALES: 7

FECHA DE INGRESO: 17/11/14 **EDAD:** 21 DIAS

PROCEDENCIA: BIOTERIO UNALM

EXPERIMENTO: PAN DE MOLDE INTEGRAL DE QUINUA, CAÑIHUA Y CHIA.

Cuadro 65: CONTROL MENSUAL DE ALIMENTOS - PER

N°	PESO INICIAL (gr)	SEMANAS				GANANCIA PESO (gr)	CONSUMO ALIMENTO (gr)	CONSUMO PROTEINAS (gr)
		1ra.	2da.	3era.	4ta.			
1	44.052	48.21	51.48	53.82	58.78	14.728	104.77	13.349
2	44.101	50.88	53.74	55.99	60.24	16.139	123.54	15.740
3	45.564	49.07	53.87	56.81	61.81	16.246	115.68	14.739
4	46.081	49.82	55.28	58.87	63.35	17.269	130.57	16.636
5	46.083	49.09	53.15	55.98	60.14	14.057	96.90	12.346
6	47.435	51.78	55.53	58.75	63.68	16.245	102.61	13.074
7	46.101	50.72	53.71	55.92	60.16	14.059	99.28	12.649
Σ	319.417	349.57	376.76	398.14	428.16	108.743	773.35	98.533
□	45.63	49.94	53.82	56.88	61.17	15.53	110.48	14.08
△□		4.31	3.88	3.05	4.29			

ANEXO XV
EVALUACION BIOLOGICA.

CONTROL DE PESO POR DIA

TIPO DE ANALISIS: Digestibilidad

Cuadro 67: CONTROL MENSUAL DE ALIMENTOS - DIGESTIBILIDAD

JAULAS	PESO INICIAL	DIAS							GANANCIA (gr)	CONSUMO DE ALIMENTO (gr)	HECES (gr)	ORINA (ml)
		1	2	3	4	5	6	7				
1	44.05	44.85	45.1	45.95	46.8	47.02	47.9	48.21	4.16	20.75	2.47	2.1
2	44.1	45.32	45.58	46.32	47.52	48.18	49.34	50.19	5.09	20.34	2.95	1.8
3	45.56	45.97	46.64	47.1	47.89	48.53	48.92	49.07	3.51	20.15	2.89	1.7
4	46.081	46.07	46.83	47.2	47.92	48.6	49.12	51.22	5.139	20.25	2.56	2
5	46.083	46.99	47.25	47.78	48.08	48.44	48.92	49.09	3.007	18.38	3.13	1.6
6	47.435	47.86	48.3	49.84	50.13	50.88	51.26	49.80	4.365	18.13	2.23	1.8
□	45.5515								4.212	19.67	2.705	1.8

ANEXO XVI

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Fecha: **Sexo:** **Edad:**

Las calificaciones para los parámetros de evaluación del siguiente producto están en una escala cuantitativa del 1 al 5, donde:

1. Me agrada completamente
2. Me agrada
3. Ni me gusta / ni me disgusta
4. Me desagrada
5. Me desagrada completamente.

Cuadro 68: Ficha de evaluación de análisis sensorial

Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad



"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

OFICINA CENTRAL DE INVESTIGACIÓN

"CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN - TIPRO"

Resolución N° 1562-2006-ANR

REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES (PRE GRADO):

- **Universidad:** Universidad Nacional del Santa
- **Escuela o Carrera Profesional:** Ingeniería Agroindustrial
- **Título del Trabajo:** "FORMULACIÓN, EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL ENRIQUECIDO CON QUINUA (*Chenopodium quinoa*), CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*) Y CHIA (*Salvia hispánica L.*)"
- **Área de Investigación:** Agroindustrial y Nutrición.
- **Autores:**
DNI: 46823167, Urbina Castillo Karen Yesenia
DNI: 45683943, León López Alicia Marilia
- **Título profesional a que conduce:** Ingeniero Agroindustrial
- **Año de aprobación de la sustentación:** 2015

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

- **Planteamiento del problema:**
¿Cuál es la mejor sustitución parcial de harina de Trigo por harina de Quinoa, Cañihua y semillas de Chía para obtener un pan de molde integral de calidad nutritiva y sensorial?

- **Objetivos:**

- **Generales**

- Formular el pan de molde integral con Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) Y Chia (*Salvia hispánica L.*) para obtener un producto de mejor calidad nutritiva y sensorial.

- **Específicos**

- Determinar la composición proximal de las harinas de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y semillas de Chía (*Salvia hispánica L.*).
 - Establecer las características de calidad del pan de molde integral mediante análisis físico químicos (% de fibra, % grasa, % de proteína, color, volumen, textura).
 - Determinar la relación de eficiencia proteica (PER) del producto final.
 - Determinar el grado de aceptabilidad del pan de molde integral.

- **Hipótesis:**

La calidad nutritiva y sensorial del pan de molde integral enriquecido es influido por la sustitución parcial de la harina de Trigo por harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y semillas de Chía (*Salvia hispánica L.*).

- **Breve referencia al marco teórico (10 a 20 líneas)**

El pan de molde es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda. Suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al resto de los panes. Su contenido en grasas es mayor que el pan común, ya que a diferencia de este último, acostumbra llevar grasas, leche y huevo. **(Quaglia, 1991).**

La quinua, es un grano andino de la familia Quenopodiáceas, alimento único, por su altísimo valor nutricional que permite sustituir las proteínas de origen animal, además por su contenido balanceado en proteínas y nutrientes más cercano al ideal para el ser humano que cualquier otro alimento.

El grano de Cañihua presenta un elevado contenido de proteínas y, al igual que la quinua y Kiwicha, una proporción importante de aminoácidos azufrados.

Las semillas de Chía son, después del lino, el alimento vegetal más rico en grasas omega 3. Además, estas semillas son particularmente ricas en mucilago, un tipo de fibra soluble que forma un gel cuando se mezcla con agua y tiene propiedades reguladoras del tránsito intestinal. **(Instituto Nacional de Alimentos, 2003).**

- **Conclusiones**

- En general, se puede concluir que: La sustitución parcial de harina de Trigo por Quinua tiene efectos beneficiosos en cuanto al incremento en el porcentaje de Proteína y Textura, y efectos negativos en cuanto al volumen específico; la sustitución de harina de Trigo por harina de Cañihua muestra efectos positivo en el contenido de Proteínas y efectos negativos en textura y volumen específico.
- De acuerdo a la evaluación de la calidad proteica y los resultados del análisis sensorial, es la formulación f14 (10% de harina de Quinua, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de chía), y la formulación f13 (5 % de harina de Quinua, 15% de harina de Cañihua y 3.5% de Chía), son las mejores formulaciones para la sustitución parcial de harina de trigo por harina de Quinua y Cañihua.

- El cómputo químico de las formulaciones arroja que la mejor formulación para la sustitución por harina de Quinua y Cañihua es la f14 (10% de harina de Quinua, 15% de Harina de Cañihua y 3.5% de Chía), que mejora en 0.6% la calidad proteica en cuanto a lisina, aminoácido limitante del trigo.
- La evaluación proteica de las formulaciones arrojó valores que fluctúan entre el 12,569 % y 13,335%, siendo el valor más alto en contenido de proteínas la formulación f14 (10% de harina de Quinua, 15% de harina de Cañihua y 3,5% de chía) con 13,335%. Estos resultados también reflejan que la sustitución parcial de harina de Quinua y Cañihua ha superado en valor proteico al pan de molde común (muestra patrón).
- El comportamiento reológico de la formulación 13 y 14 para la elaboración del pan de molde integral son:
 - **Análisis amilográfico:** Determina la temperatura de gelatinización (°C) para F13= 90.1 y F14= 89.8; y máxima gelatinización (UA) para F13= 843 y F14= 884.
 - **Análisis Farinográfico:** Determina el porcentaje de absorción de agua para F13= 55.6 y F14=55.6; consistencia (FE) para F13= 881 y F14=894; y tiempo óptimo de desarrollo (min) para F13= 4.34 y F14=4.29.
 - **Análisis extensográfico:** Determina la extensibilidad (mm) para F13= 98 y F14=55; la resistencia a la extensión (BU) para F13=815 y F14=622; y máximo (BU) para F13= 1256 y F14=1414.
- Las pruebas biológicas hechas al pan de molde integral resulto con: Per = 1.104, Digestibilidad = 70.17%, Valor biológico = 73.93 y NPU= 51.28%, siendo valores aproximados con respecto a la caseína.

- **Recomendaciones**

- Realizar un estudio de almacenamiento y conservación del Pan de molde integral obtenido, mediante el uso de antioxidantes y empaques.
- Evaluar el color instrumental de la masa cruda para cada formulación.
- Profundizar en el estudio de sustitución parcial con semillas de chía, agregándolo como harina al pan de molde integral.
- Difundir el empleo de Quinoa, Cañihua, Chia en la elaboración de panes, galletas, snacks, pastas y extruidos por sus excelentes propiedades nutritivas.
- Realizar un estudio económico financiero que demuestre la factibilidad de la producción comercial de este producto.

- **Bibliografía**

- **Aguirre E.- Rodríguez G.** (1997). "Industria de cereales y panificación". Universidad Nacional del Santa. Única edición. Chimbote-Perú.
- **Bennion, E.** (1967). Fabricación de Pan. España, Editorial Acribia. Pág. 18.
- **Calaveras, J.** (2004). "Nuevo Tratado de Panificación y Bollería". Segunda Edición. Editorial Mundi Prensa Libros S. A. España.
- **FAO.** (2000). "Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo". Colección FAO: Alimentación y Nutrición. Nº 29 ONU. Roma.
- **Herrera, N. y A. Faching.** (1989). Contenido de ácidos grasos en alimentos de mayor consumo en el Perú. Anexo 2. En: Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú. MSP.
- **MINAG.** (2008). Oficina de Información Agraria. Ministerio de Agricultura. Lima Perú.