



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

TEMA:

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR
LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE
QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS
DE PANADERÍA

AUTORES:

BORIS ELENO HOLGUÍN OBREGÓN
NICOLLE NATHALY VÉLEZ NAVIA

TUTORA:

ING. CARMEN EMPERATRIZ LLERENA MSC.

GUAYAQUIL - ECUADOR

JUNIO 2020

FECHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

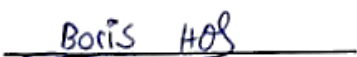
REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	EVALUACION FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	BORIS ELENO HOLGUÍN OBREGÓN NICOLLE NATHALY VÉLEZ NAVIA		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Carmen Emperatriz Llerena MSc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Química		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	
ÁREAS TEMÁTICAS:			
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Bread, quinoa, precooked whole wheat, rheological, physical-chemical, sponge method		
RESUMEN/ABSTRACT: El siguiente estudio se basa en la evaluación fisicoquímica, reológica y sensorial de pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa y harina de arroz integral precocido. A través del software Design expert se obtuvieron once formulaciones con distintos porcentajes de sustitución de cada una de las harinas, a estas se les realizó caracterización fisicoquímica y reológica para posteriormente ser examinadas por un análisis de varianza (anova), comparando sus valores de porcentaje de proteínas, capacidad de retención de agua y volumen de hinchamiento y obtener la muestra que según el análisis de varianza contenga variables significativas, de ello una muestra resulto representativa, y por el alto contenido proteico se escogieron tres formulaciones más. A los ejemplares se le realizó análisis reológico (mixolab) y se panificaron con la técnica método esponja adicionando mejorador, para exponerlas a un análisis sensorial con catadores entrenados e inexpertos y de ello determinar el porcentaje de aceptabilidad de cada una. Los valores de aceptabilidad se analizaron por el software estadístico statgraphics y así determinar la mejor formulación, el programa arrojó que las cuatro muestras eran parecidas entre sí. Tomando en cuenta el primer análisis anova y los resultados de la cata se eligió la mejor muestra y se hizo determinación de características fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas en mixolab y alveógrafo.			
ADJUNTO PDF:	SI	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: BORIS ELENO HOLGUIN OBREGON 0982684662 NICOLLE NATHALY VÉLEZ NAVIA 0996526244		E-mail: Boris.holguino@ug.edu.ec Nicolle.velezn@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad de Guayaquil		
	Teléfono: 04-229-2949		
	E-mail: www.fiq@ug.edu.ec		

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARREA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES NO ACADEMICOS.**

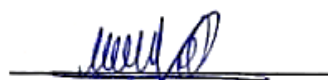
**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotros, Boris Eleno Holguín Obregón con C.I. No. 0951106475 y Nicolle Nathaly Vélez Navia con C.I. No.0802563825, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA” son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Boris Eleno Holguín Obregón

C.I. 0951106475



Nicolle Nathaly Vélez Navia

C.I. 0802563825

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARREA DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE TITULACIÓN**

ACUERDO DEL PLAN DE TUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Guayaquil, 03 de octubre del 2020

Sr./Sra.

Nombre completo

DIRECTOR (A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación denominado: “EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA” de los estudiantes Boris Eleno Holguín Obregón con C.I. No. 0951106475 y Nicolle Nathaly Vélez Navia con C.I. No.0802563825, indicando que cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

ING. CARMEN LLERENA R. MSC.
C.I. 0913777058
FECHA:03/10/20

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARREA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **ING. CARMEN EMPERATRIZ LLERENA RAMIREZ, MSC**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **BORIS ELENO HOLGUÍN OBREGON CON C.I. 0951106475 NICOLLE NATHALY VÉLEZ NAVIA CON C.I. 0802563825**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“EVALUACION FISICOQUIMICAS, SENSORIALES Y REOLOGICAS POR LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA AR-ROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERIA”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (URKUND) quedando el 1% de coincidencia.



Document Information

Analyzed document	EVALUACION FISICOQUIMICAS SENSORIALES Y REOLOGICAS POR LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA DE ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERIA.docx (D80798691)
Submitted	10/6/2020 2:03:00 AM
Submitted by	
Submitter email	nicolle.veleznavia@ug.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	carmen.llerena.ug@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://docplayer.es/111686053-Universidad-tecnica-de-ambato.html Fetched: 7/18/2020 1:53:03 PM	88	1
W	URL: https://docplayer.es/33534702-Universidad-tecnologica-equinoccial.html Fetched: 10/30/2019 10:25:56 PM	88	1
SA	Tesis Daniela Bustos DEFINITIVA.pdf Document Tesis Daniela Bustos DEFINITIVA.pdf (D14651450)	88	2
SA	Proceso de obtencion de harina de garbanzo y su utilización en la elaboración de p ... Document Proceso de obtencion de harina de garbanzo y su utilización en la elaboración de p ... (D19744487)	88	1
SA	TESIS 7.docx Document TESIS 7.docx (D63274806)	88	1
SA	Tesis TERMINADA Andres Bermeo M.pdf Document Tesis TERMINADA Andres Bermeo M.pdf (D17396145)	88	1

<https://secure.arkund.com/old/view/77297102-717405-86801#q1bKLvayijY0MtcxNDYBYIMgNgNiEN9Sx9DEKFZHGtgzPS8zLTM5MS85VcnKQM/AwNzlwMLSzNjI3MLUwsLQ3LAWAA> ==

Atentamente,



ING. CARMEN LLERENA R. MSC.
C.I. 0913777058
FECHA: 03/10/20

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

INFORME DEL DOCENTE REVISOR

Guayaquil, 14 de octubre del 2020

**Ing. Luis Alberto Bonilla Abarca
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA** de los estudiantes Boris Eleno Holguín Obregón y Nicolle Nathaly Vélez Navia. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 25 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

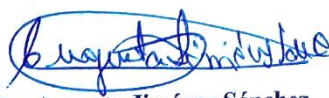
El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante estudiantes Boris Eleno Holguín Obregón y Nicolle Nathaly Vélez Navia está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Augusta Jiménez Sánchez
C.I. 1102444484

FECHA: 14/10/20

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARREA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

RÚBRICA DE EVALUACIÓN MEMORIA ESCRITA TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA			
Autores: BORIS ELENO HOLGUÍN OBREGÓN Y NICOLLE NATHALY VÉLEZ NAVIA			
ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALIFICACIÓN	COMENTARIOS
ESTRUCTURA Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA	3		
Formato de presentación acorde a lo solicitado	0.6	0.6	
Tabla de contenidos, índice de tablas y figuras	0.6	0.5	
Redacción y ortografía	0.6	0.5	
Correspondencia con la normativa del trabajo de titulación	0.6	0.6	
Adecuada presentación de tablas y figuras	0.6	0.5	
RIGOR CIENTÍFICO	6		
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	0.5	0.4	
La introducción expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece	0.6	0.5	
El objetivo general está expresado en términos del trabajo a investigar	0.7	0.7	
Los objetivos específicos contribuyen al cumplimiento del objetivo general	0.7	0.6	
Los antecedentes teóricos y conceptuales complementan y aportan significativamente al desarrollo de la investigación	0.7	0.7	
Los métodos y herramientas se corresponden con los objetivos de la investigación	0.7	0.7	
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos	0.4	0.4	
Factibilidad de la propuesta	0.4	0.4	
Las conclusiones expresa el cumplimiento de los objetivos específicos	0.4	0.4	
Las recomendaciones son pertinentes, factibles y válidas	0.4	0.3	
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.5	0.5	
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1		
Pertinencia de la investigación/ Innovación de la propuesta	0.4	0.4	
La investigación propone una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.3	0.3	
Contribuye con las líneas / sublíneas de investigación de la Carrera/Escuela	0.3	0.3	
CALIFICACIÓN TOTAL*	10	9,3	
* El resultado será promediado con la calificación del Tutor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.			
** El estudiante que obtiene una calificación menor de 7/10 en una fase de tutoría de titulación, no podrá continuar a las siguientes fases (revisión, sustentación).			

Ing. Augusta Jiménez Sánchez
C.I. 1102444484

FECHA: 14/10/20

FECHA:14/10/20

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mis padres por ser el motor principal durante esta etapa de estudio, ser mi guía en los momentos de dificultad y permitirme cumplir esta meta. Agradezco a mis hermanas y familiares por todo su amor, apoyo y valores inculcados para lograr ser la persona que soy en estos momentos. Agradezco a mi tutora de tesis la Ing. Carmen Llerena por aportar con su experiencia y conocimiento para llevar a cabo este trabajo de titulación con éxito y por las facilidades brindadas para realizar la parte experimental en su laboratorio. A mi amiga y compañera de trabajo de titulación Nicolle Vélez Navia por su paciencia y apoyo durante este tiempo formando un excelente equipo de trabajo. Agradezco a todos los docentes en general que aportaron con sus conocimientos durante todo el tiempo que pase en esta hermosa facultad.

Boris Holguín Obregón

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a mi familia por estar siempre con su apoyo motivacional en todo momento para alcanzar las metas propuestas.

A mis padres Eleno Holguín y Ana Obregón por su apoyo incondicional en todo momento cuando lo necesitaba y enseñarme que todo lo que uno se propone en la vida se consigue con esfuerzo y dedicación.

A todas las amistades que me encontré en este camino que estuvieron siempre cuando los necesite son muchos, pero ellos saben que me han ayudado y esto va dedicado a todos ustedes familiares y amigos.

Boris Holguín Obregón

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por brindarme sabiduría en mi proceso estudiantil, a mis amigos por su ayuda y compañía, y a mi familia por siempre apoyarme en mis estudios.

Nicolle Vélez Navia

DEDICATORIA

Con mucho cariño y esmero para mi madre Soraya, mis hermanos Javier y Damián y mis abuelos Aquiles y Haida, por inculcarme siempre que los estudios son primero.

Nicolle Vélez Navia

INDICE DEL CONTENIDO

PORTADA.....	i
FECHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD .	¡Error! Marcador no definido.
ACUERDO DEL PLAN DE TUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
INFORME DEL DOCENTE REVISOR.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
INDICE DEL CONTENIDO.....	xii
INDICE DE TABLAS.....	xvii
INDICE DE FIGURAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	3
1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION	3
1.1 Tema	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.4.1 Justificación teórica	5
1.4.2 Justificación practica	5
1.5 Limitación del estudio	5
1.5.1 Limitación espacial.....	5
1.5.2 Limitación temporal	6

1.6	Hipótesis	6
1.7	Variables	6
1.7.1	Variable independiente	6
1.7.2	Variable dependiente	6
CAPITULO II.....		6
2	Marco Referencial	6
2.1	Marco Teórico	6
2.1.1	Trigo	6
2.1.1.1	Generalidades	6
	Color.....	7
	Olor.....	7
	Sabor.....	7
	Granulometría.....	7
2.1.1.2	Características del grano	7
2.1.1.3	Composición fisicoquímica y aspectos nutritivos.....	8
2.1.1.4	Usos.....	9
2.1.2	Gluten	9
2.1.3	Quinoa	10
2.1.3.1	Generalidades	10
2.1.3.2	Características del grano	11
2.1.3.3	Composición fisicoquímica y aspectos nutricionales.....	12
2.1.3.4	Saponinas	13
2.1.3.5	Fitatos.....	13
2.1.3.6	Tripsina.....	14
2.1.3.7	Usos.....	14
2.1.4	Arroz integral.....	14
2.1.5	Propiedades reológicas de la masa de panificación.....	15
2.1.5.1	Equipo Mixolab de Chopin	15
2.1.5.1.1	Mixolab Profiler.....	17
2.1.5.2	Alveógrafo.....	18
2.1.6	Propiedades fisicoquímicas de la masa	19
	Retención del agua.....	20
	Tasa de hidratación.....	20
2.1.7	Pan	20
2.1.7.1	Pan común.....	20

2.1.7.2	Pan especial	20
2.1.7.3	Pan integral.....	20
2.1.7.4	Pan integral especial.....	21
2.1.8.	METODO DE PANIFICACION	21
2.1.9.	Proceso para la elaboración de pan.....	22
2.1.8	Función de los ingredientes en la elaboración de pan	24
2.1.8.1	Agua	24
2.1.8.2	Levadura.....	24
2.1.8.3	Sal común.....	24
2.1.8.4	Azúcares	24
2.1.8.5	Grasas	25
2.1.9	Softwares	25
2.1.9.1	Design Expert.....	25
2.1.9.2	Software ImageJ	26
2.1.9.3	Statgraphics	26
2.2	Marco Conceptual.....	26
2.2.1	Acidez Titulable y potencial de hidrogeno.....	26
2.2.2	Volumen específico del pan	27
2.2.3	Proteínas	27
2.2.4	Humedad.....	27
2.2.5	Cenizas	27
2.2.6	Grasas	27
2.2.7	Fibra dietética	28
2.2.8	Olor.....	28
2.2.9	Sabor.....	28
2.2.10	Flavor.....	28
CAPITULO III		29
3	Metodología y desarrollo experimental	29
3.1	Marco metodológico.....	29
3.1.1	Investigación experimental.....	29
3.1.2	Investigación bibliográfica	29
3.2	Materiales y métodos.....	30
3.2.1	Materias primas	30
3.2.1.1	Harina de trigo.....	30
3.2.1.2	Harina de Quinoa	30

3.2.1.3	Harina de arroz integral precocido	30
3.2.1.4	Sal.....	30
3.2.1.5	Azúcar	30
3.2.1.6	Huevos.....	30
3.2.1.7	Levadura.....	30
3.2.1.8	Mejorador	31
3.3	Diseño experimental	31
3.3.1	Análisis fisicoquímicos de las mezclas de las harinas.....	32
3.3.1.1	Determinación de cenizas.....	32
3.3.1.2	Determinación de proteínas.....	32
3.3.1.3	Determinación de humedad.....	33
3.3.1.4	Determinación de acidez	33
3.3.1.5	Determinación de pH	34
3.3.1.6	Determinación de grasas	34
3.3.1.7	Determinación de carbohidratos.....	34
3.3.1.8	Capacidad de retención de agua (CRA)	34
3.3.1.9	Volumen de hinchamiento (VI).....	34
3.4	Desarrollo de las formulaciones en la producción de pan	35
3.5	Indicadores de calidad del pan.....	35
3.5.1	Determinación del volumen específico del pan.....	35
3.5.2	Determinación de pH de las masas.....	36
3.5.3	Determinación de la acidez de las masas.....	36
3.6	Análisis sensorial del pan	36
3.6.1	Prueba Descriptiva.....	36
3.6.2	Prueba hedónica.....	37
3.7	Evaluación de aceptabilidad del pan con las mezclas propuestas	37
3.8	Análisis reológicos de las mejores formulaciones.....	37
3.8.1	Mixolab.....	37
3.8.2	Alveógrafo	37
3.8.3	Determinación de proteína para el pan	38
3.8.4	Determinación de fibra dietaria.....	38
3.8.5	Determinación de ceniza	38
3.8.6	Determinación de humedad	38
3.8.7	Determinación de carbohidratos.....	38
3.8.8	Ensayos microbiológicos.....	38

3.9	Aplicación del método esponja, tiempos de amasado, leudado y cocción	39
3.10	Rendimiento del pan.....	39
3.11	Diagrama de flujo de obtención del pan – método esponja.....	39
CAPITULO IV		41
4	Análisis de resultados	41
4.1	Diagrama de flujo balance de materia para método esponja.	41
4.2	Obtención de harina de arroz integral precocido.....	43
4.3	Caracterización de los almidones de las harinas	44
4.4	Caracterización físico química de las harinas.....	45
4.4.1	Análisis de Cenizas.....	46
4.4.2	Análisis de proteínas.....	47
4.4.3	Análisis de humedad.....	49
4.4.4	Análisis de acidez titulable	49
4.4.5	Análisis de pH	49
4.4.6	Análisis contenido de grasas.....	49
4.4.7	Análisis de carbohidratos totales	50
4.5	CARACTERIZACIÓN DE PAN	51
4.5.1	Evaluación tecnológica empleando método esponja	52
4.5.2	Análisis sensorial descriptivo cuantitativo	53
4.5.3	Análisis sensorial efectivo	56
4.5.3.1.1	Características reológicas de la mezcla seleccionada: Mixolab ...	58
4.5.4	Determinación de pH y Acidez titulable	60
4.5.5	Análisis reológico de la muestra seleccionada: alveógrafo	62
4.5.5.1	Alveógrafo.....	62
4.5.5.2	Análisis físico- químico de la formula final.....	64
4.5.5.3	Análisis microbiológicos de formula final	64
CAPITULO V		66
CONCLUSIONES.....		66
RECOMENDACIONES		68
ANEXOS.....		69
ANEXO A: Caculos		70
ANEXO B: Evaluaciones sensoriales		74
ANEXO C: Evidencias		76
ANEXO D: Análisis realizados en laboratorios		86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo.	8
Tabla 2. Características fisicoquímicas de la harina de trigo.	9
Tabla 3. Contenido de gluten en quinua, arroz integral y harina de trigo	10
Tabla 4. Clasificación de la quinua según el color, tamaño y contenido de saponina. ..	11
Tabla 5. Composición química de granos de Quinua. De acuerdo con Tapia, Metal, 1979 (29, 30).	12
Tabla 6. Composición fisicoquímica del arroz integral.....	15
Tabla 7. Características fisicoquímicas de la masa	19
Tabla 8. Requisitos físicos y químicos para el pan, pan común, pan especial, pan integral y pan integral especial.	21
Tabla 9. Rangos mínimos y máximos de sustitución de cada componente.....	31
Tabla 10. Formulaciones alcanzadas por el programa Design-Expert versión 11.	31
Tabla 11. Formula para la producción de pan base (250 g).	35
Tabla 12. Capacidad de retención de agua y Volumen de hinchamiento de las harinas.	44
Tabla 13. Caracterización fisicoquímica de las harinas	45
Tabla 14. Anova por método lineal	48
Tabla 15. Solución numérica de Proteína y CRA.....	48
Tabla 16. Mezclas preseleccionadas.....	50
Tabla 17. Análisis con software Statgraphics.....	51
Tabla 18. Volumen específico del pan	51
Tabla 19. Cálculo del área de miga a través de ImageJ.....	53
Tabla 20. Análisis sensorial efectivo	57
Tabla 21. Promedio de los datos de reología en Mixolab	58
Tabla 22. Determinación de pH y Acidez titulable	61
Tabla 23. Análisis del alveógrafo.	62
Tabla 24. Análisis físico- químico de la formula final	64
Tabla 25. Análisis microbiológicos de la formula final	65
Tabla 26. Análisis sensorial descriptivo de la muestra 2.....	104
Tabla 27. Analisis sensorial descriptivo de la muestra 4.....	104
Tabla 28. Analisis sensorial descriptivo de la muestra 9.....	105
Tabla 29. Análisis sensorial descriptivo de la muestra 11.....	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis reológico de la masa en Mixolab.	17
Figura 2. Mixolab Profiler	18
Figura 3. Alverograma tipo	19
Figura 4. Diagrama de flujo de obtención del pan – método esponja	40
Figura 5. Balance de materia del pan método esponja	41
Figura 6. Diagrama de flujo balance de materia para método esponja.....	42
Figura 7. Diagrama de flujo elaboración de arroz integral precocido	43
Figura 8. Porcentaje de proteína de las 11 mezclas.....	47
Figura 9. Análisis de la miga y se calculó el área promedio de sus alveolos	52
Figura 10. Analisis sensorial descriptivo de la mezcla 2.....	54
Figura 11. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla #4.....	55
Figura 12. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla 9.....	55
Figura 13. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla 11.....	56
Figura 14. Resultado del análisis sensorial de las muestras finales.....	58
Figura 15. Peso de muestras	Figura 16. Determinación de ceniza
Figura 17. Determinación de humedad	Figura 18. Determinación de proteínas..
Figura 19. Mezcla de harina de las 11 muestras.....	76
Figura 20. Análisis de E. coli	Figura 21. Análisis de coliformes fecales.....
Figura 22. Muestra blanco de coliformes fecales	77
Figura 23. Análisis de volumen específico del pan	Figura 24. Lectura del volumen del pan
Figura 25. Solución NaOH y pH-metro	Figura 26. Muestras de acidez titulable
78	
Figura 27. Lectura del pH	Figura 28. Titulación.....
Figura 29. Elaboración de la esponja	Figura 30. Pesado mezclado de materias primas
Figura 31. Unión de la esponja con la masa	Figura 32. Leudado.....
Figura 33. Pesaje de masa	Figura 34. Boleado.....
Figura 35. Segunda fermentación	Figura 36. Horneado.....
Figura 37. Muestra 1	Figura 38. Muestra 2
Figura 39. Muestra 3	Figura 40. Muestra 4
Figura 41. Muestra 5	Figura 42. Muestra 6
Figura 43. Muestra 7	Figura 44. Muestra 8
Figura 45. Muestra 9	Figura 46. Muestra 10
Figura 47. Muestra 11.....	81



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“EVALUACION FISICOQUIMICAS, SENSORIALES Y REOLOGICAS POR
LA SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE
QUINOA Y HARINA AR-ROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE
PANADERIA”**

Autor: Boris Eleno Holguín Obregón; Nicolle Nathaly Vélez Navia

Tutor: Ing. Carmen Llerena Ramírez, MSc

RESUMEN

El siguiente estudio se basa en la evaluación fisicoquímica, reológica y sensorial de pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinoa y harina de arroz integral precocido. A través del software Design expert se obtuvieron once formulaciones con distintos porcentajes de sustitución de cada una de las harinas, a estas se les realizó caracterización fisicoquímica y reológica para posteriormente ser examinadas por un análisis de varianza (anova), comparando sus valores de porcentaje de proteínas, capacidad de retención de agua y volumen de hinchamiento y obtener la muestra que según el análisis de varianza contenga variables significativas, de ello una muestra resulto representativa, y por el alto contenido proteico se escogieron tres formulaciones más. A los ejemplares se le realizó análisis reológico (mixolab) y se panificaron con la técnica método esponja adicionando mejorador, para exponerlas a un análisis sensorial con catadores entrenados e inexpertos y de ello determinar el porcentaje de aceptabilidad de cada una. Los valores de aceptabilidad se analizaron por el software estadístico statgraphics y así determinar la mejor formulación, el programa arrojó que las cuatro muestras eran parecidas entre sí. Tomando en cuenta el primer análisis anova y los resultados de la cata se eligió la mejor muestra y se hizo determinación de características fisicoquímicas, microbiológicas y reológicas en mixolab y alveógrafo.

Palabras clave: Pan, quinua, arroz integral precocido, reológicos, físico-químicos, método esponja



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**"PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND RHEOLOGICAL EVALUATION BY
THE PARTIAL SUBSTITUTION OF WHEAT FLOUR WITH QUINOA FLOUR
AND PRE-COOKED WHOLE RICE FLOUR IN BAKERY PRODUCTS"**

Author: Boris Eleno Holguín Obregón; Nicolle Nathaly Vélez Navia

Advisor: Ing. Carmen Llerena Ramírez, MSc

ABSTRACT

The following study is based on the physicochemical, rheological and sensory evaluation of bread with partial substitution of wheat flour for quinoa flour and precooked brown rice flour. Through Design expert software, obtained eleven formulations with different percentages of substitution of each one of the flours, these underwent physicochemical and rheological characterization to later be analyzed by an analysis of variance (anova), comparing their values of percentage of proteins, water retention capacity and volume of swelling and obtain the sample that according to the analysis contains significant variables, from which a sample was representative, and therefore high protein content, three more formulations were chosen. The specimens underwent rheological analysis (mixolab) and they were baked with the sponge technique adding improver, to expose them to a sensory analysis with trained and inexperienced tasters and from this determine the percentage of acceptability of each one. The acceptability values were analyzed by the statistical software statgraphics and thus to determine the best formulation, the program yielded that the four samples were similar to each other. Taking into account the first anova analysis and the results of the tasting, the best sample was chosen and a determination of physical-chemical and rheological characteristics was made in mixolab and alveograph.

Keywords: Bread, quinoa, precooked whole wheat, rheological, physical-chemical, sponge method

INTRODUCCION

El pan es uno de los alimentos básicos y de mucha importancia en la dieta humana formando parte de la alimentación de muchas civilizaciones debido a que contiene características nutritivas, sin embargo, esto depende de la calidad de ingredientes y aditivos que lo componen.

La mayor parte de harinas son extraída de las gramíneas, se caracterizan por ser muy versátiles, fáciles de conseguir y además que contiene nutrientes importantes para el funcionamiento diario del organismo, entre los cuales destacan: proteínas, grasas, minerales, vitaminas y carbohidratos.

En el año 2017 en Ecuador el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca) impulsó el aumento en las producciones de quinoa en las provincias de Carchi, Chimborazo, Imbabura y Pichincha, con el fin de comercializar exportación de quina de 32 toneladas, que se enviaron a Estados Unidos, internacionalmente sus derivados y aumentar el consumo local (MAG, 2017). En el 2018 se reportó la primera exportación de quinoa de 32 toneladas, que se enviaron a Estados Unidos, Israel y Europa, sin embargo, la demanda externa anual es de 1500 toneladas. (Diario El Comercio, 2019)

Acorde a los pobladores de la región sierra la demanda de quinoa en los mercados es alta, pero no ocurre lo mismo en la región costa donde las costumbres alimenticias se direccionan más hacia el maíz. La libra de quinoa lavada y seca se distribuye en comisariatos a USD 2,25 en el país valor constante desde el 2013 (año internacional de la quinoa), gracias a los acuerdos que el gobierno mantiene con grandes productores nacionales. Pese al bajo consumo local, Ecuador ha logrado posicionarse como el tercer país productor de quinoa detrás de Bolivia y Perú (El Telegrafo, 2016), (El Comercio, 2019).

Respecto al trigo en el Ecuador hasta el 2019 se importaban aproximadamente 600 mil toneladas al año de trigo. Con el objeto de incrementar la producción local, el Ministerio de Agricultura y Ganadería en enero del mismo año distribuyó a 24 productores 380 quintales de semillas para un total de 95 hectáreas en Carchi. (MAG, 2019)

De acuerdo con el Ministerio de Industrias y Productividad el 98.45% del trigo consumido en el Ecuador llega a través de importación directa; existen varios programas de

sustituciones parciales de harina de trigo con la finalidad de reducir las importaciones además que logra aumentar el valor nutricional de las masas panificables. (Silva, 2016)

Considerando el gran consumo de pan, este proyecto de titulación va desarrollar la alternativa(pan) sustituyendo parcialmente (máximo el 30%) de la harina de trigo por harina de arroz integral precocido y harina de quinoa, para aumentar el valor proteico, fibra, etc.

CAPITULO I

1 GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1 Tema

EVALUACION FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES Y REOLÓGICAS POR LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO CON HARINA DE QUINOA Y HARINA ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA

1.2 Planteamiento del problema

El pan está conformado principalmente por harina de trigo importado, al sustituir las harinas de manera parcial, el producto panificado que se obtiene de la sustitución constará con diferentes características al original, porque cambia la composición proximal, sensorial y reológica. Estos cambios pueden ser severos debido a que los mayores componentes de las harinas vegetales son los almidones, que producen un grado de modificación en el comportamiento termo mecánico de la masa durante cocción provocando pérdida de volumen del pan, especialmente al sustituir la harina de trigo en un 30%. Entre los aspectos sensoriales que se modifican en el pan es la formación de corteza blanda con una miga compacta. El proceso tecnológico del método esponja, el uso aditivos mejoradores de la panificación y margarina, en las proporciones adecuadas mejoran la calidad sensorial final del pan.

La contribución de proteínas, carbohidratos, fibra y propiedades sensoriales es bien acogida en la industria panadera por ello se cuenta con diversas opciones como la adición de frutas y frutos secos en las mezclas. Pero si bien es cierto estos no aportan más allá de las vitaminas y uno que otro nutriente que son susceptibles a la desnaturalización en el proceso de cocción. Adicionar al pan harina de cereales y pseudocereales como el arroz integral pre cocida y harina de quinoa, respectivamente va a aportar con nutrientes como fibras y minerales, con mayor contenido proteico, aceites esenciales como el omega 3, 6, 9 que son beneficiosos para el consumidor.

La seguridad alimentaria en nuestro país cada vez sugiere el acopio de alternativas nutricionales y perfeccionamiento en la calidad en productos panificables que benefician a toda la población, es por eso que el sector panadero busca dichas opciones analizando la factibilidad económica al sustituir el trigo con harinas de origen vegetal.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de quinoa y harina de arroz integral precocido en productos de panadería.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar las mezclas de harina de trigo sustituida hasta un 30% con harinas de quinoa y arroz integral precocido, mediante la aplicación del software Design Expert, para la selección de las posibles mezclas y caracterización fisicoquímica y de los almidones de las harinas, además de una prueba de panificación inicial.
- Analizar las muestras obtenidas a través del software Design expert para la determinación de muestras significativas usando como variable respuesta, la concentración de proteína, capacidad de retención de agua y volumen de hinchamiento, conjuntamente de la panificación de las mezclas para la determinación del volumen del pan y tamaño de alveolos en la miga.
- Evaluar el cambio de las características sensoriales en el pan (máximo 30% de sustitución) de las mezclas de harina seleccionadas anteriormente mediante el Perfil Descriptivo Cuantitativo y una prueba Hedónica de aceptación para la selección de la formulación final.
- Determinar las características reológicas (en mixolab y alveógrafo), fisicoquímicas y microbiológicas de la formulación final.

1.4 Justificación

Al combinar harina de trigo con harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) y arroz integral precocido, en la elaboración de pan, se puede mejorar el contenido de proteína, porque la quinoa es un pseudo cereal que posee gran cantidad de aminoácidos esenciales entre ellos lisina, además contiene grasas insaturadas como el omega 6 y omega 3. El arroz integral precocido (*Oryza Sativa L.*) aporta con mayor contenido de fibra a la mezcla de harinas y

esto debe ser considerado en la formulación del pan, debido a que por la quinua pueden estar presentes los fitatos que son inhibidores de la biodisponibilidad de minerales en productos integrales principalmente, los cuales se disminuyen por el incremento del tiempo de fermentación cuando empleamos el método esponja y por la cocción.

1.4.1 Justificación teórica

Este estudio se realiza con el fin de evaluar las interacciones de las materias primas que afectan directamente a las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del pan posterior a la sustitución, que aumenta el valor nutricional del mismo y también aporta con fibras, minerales, vitaminas y flavonoides, éstos últimos se los reduce mediante el incremento del tiempo de fermentación y temperatura en el proceso de cocción.

1.4.2 Justificación practica

La investigación se realiza con la finalidad de enmarcar las diferencias físico químicas, sensoriales y reológicas que concurren entre la elaboración y consumo tradicional del pan con la adición parcial de pseudocereales (quinua) y cereales (arroz integral), además de la cocción y control microbiológico que permitirá definir la calidad del producto final para quien lo consume.

1.5 Limitación del estudio

1.5.1 Limitación espacial

La investigación se desarrollará en las siguientes instalaciones: laboratorios de GRANOTEC S.A Ecuador, laboratorios externos acreditados y laboratorio de investigación interno.

1.5.2 Limitación temporal

Un tiempo aproximado de 11 semanas

1.6 Hipótesis

La sustitución parcial la harina de trigo en un porcentaje máximo del 30% con harinas de quinoa y arroz integral precocida, modifica las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas aumentando el valor nutricional del pan con aceptación de los consumidores.

1.7 Variables

1.7.1 Variable independiente

Mezclas de harinas de trigo, quinoa y arroz integral precocido.

Pan: Fórmula estandarizada

1.7.2 Variable dependiente

Mezclas de harinas de trigo, quinoa y arroz integral precocido:

- Composición físico- química
- Evaluación reológica

Pan

- Evaluación sensorial
- Volumen
- Masas: pH y acidez

CAPITULO II

2 Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Trigo

2.1.1.1 Generalidades

El trigo es un cereal originario del sur de Asia, ha sido y es la base principal de la alimentación de muchos países en el mundo, en el Ecuador no se produce en cantidades suficientes para abastecer el mercado local, por este motivo se importa. Uno de los principales usos consiste en la elaboración del pan. Posteriormente fue utilizado para desarrollar productos de repostería, sopas, tortas y masas para pizza, empleándose en la actualidad en infinidad de elaboraciones. El trigo suele presentarse molido en harinas blancas o en forma integral durante todo el año. Tiene una conservación fácil y duradera, ya que solo necesita materiales herméticos, un clima seco y un lugar oscuro. En cuanto a su valor nutricional, tiene un alto contenido en almidón y proteínas, en menor medida en minerales, vitaminas muy bajo contenido en grasa y fibra (Martínez, 2010).

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

Olor. Una harina normal tiene un olor propio, ligero y agradable

Sabor. Su gusto tiene que ser a típico y fresco, las harinas alteradas poseen un gusto amargo, agrio y rancio.

Granulometría. El grano de finura de la harina varía según los molinos, tan solo la practica permite al panadero discernir al tacto la granulación de la harina. Una prueba basada en tamizados sucesivos permite separar las partes más gruesas llamadas redondas, de las más finas denominadas planas, dichos resultados permiten establecer una curva de granulación. (Layango, Valverde, & Mayaute, 2015)

2.1.1.2 Características del grano

Está conformado por el pericarpio, la capa que recubre la semilla, el endospermo y el embrión como se puede observar en el *anexo1* el *Pericarpio*: Recubre el grano, constituido por las siguientes partes: células de pared delgada, células intermedias, células tubulares, células cruzadas. Posee un alto porcentaje de celulosa la *Tesla*: está conformada por una serie de capas que envuelven la semilla se elimina durante el proceso de molienda cuando se requiere que el grano quede pulido. *Endospermo*: representa el mayor porcentaje de peso del grano, aproximadamente el 80%, está recubierto por la capa de aleurona, rica en proteínas, grasas y cenizas, constituido por tres tipos de células: periféricas, prismáticas y centrales.

Los trigos duros o trigos para pan se han seleccionado por su alta capacidad para la absorción de agua. Mientras que para la selección de harinas de trigo se buscan variedades de baja absorción de agua y paredes delgadas.

Embrión o germen: es la parte más rica en proteínas, grasas, vitaminas y minerales del grano. Está constituido por:

- Escutelo. Órgano que suministra el alimento al embrión durante el periodo de germinación.
- Eje embrionario. Conformado por la plántula y la radícula. Ver anexo 1. (Ospina, 2001)

2.1.1.3 Composición fisicoquímica y aspectos nutritivos

Es la harina de trigo quien constituye el mayor porcentaje de materia prima en el pan, sus componentes pueden verse a continuación en la *tabla 1* que consta con los principales componentes en porcentajes de la harina de trigo.

Tabla 1. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo.

Componente	Porcentaje (%)
Almidón	70- 75
Proteínas	10- 12
Polisacáridos no del almidón	2- 3
Lípidos	2

Fuente: (De la Vega, 2009)

La harina de trigo contiene gluten, siendo un complejo de proteínas insolubles en agua, del cual se derivan dos principales proteínas llamadas glutenina y gliadina. La proteína glutenina es la encargada de proporcionar fuerza y tenacidad a la masa constituye el 30 al 40% de las proteínas totales del trigo y se encuentran en la parte del germen y son solubles en soluciones ácidas. La siguiente proteína es la gliadina su función en la masa es darle elasticidad esta entre el 40-50% de las proteínas totales del trigo, ubicada en el endospermo y soluble en soluciones alcohólicas (Jeantet, Croguennec, Schuck, & Brule, 2011). Adicionalmente encontramos las albúminas y las globulinas, cada una representa entre el 5- 10% de las proteínas totales del trigo respectivamente.

Tabla 2. Características fisicoquímicas de la harina de trigo.

Parámetro	Unidades	Valores promedio
Acidez	(% ácido sulfúrico)	0.091± 0.006
pH	-	6.089 ±0.022
Cenizas	%	0.614 ± 0.011
Humedad	%	13.72 ±0.461

Fuente: (Layango, Valverde, & Mayaute, 2015)

2.1.1.4 Usos

Panes artesanales, panes industriales, pasteles, galletas, bizcochos, fideos, mezclas para sopas, son alguno de los muchos productos que usan harina de trigo para su confección, y cada uno de ellos requiere una harina específica para su uso.

La calidad intrínseca de la harina depende directamente de la calidad del trigo, la calidad del trigo (y la calidad de la harina) es determinada por una compleja matriz de variables, muchas de las cuales son interdependientes, y pueden ser de manera simplificada, categorizadas como:

- Atributos físicos
- Composición química
- Calidad molinera
- Calidad del gluten
- Calidad de los productos finales. (Mohan M.; Díaz M.; Castro M., 2003).

2.1.2 Gluten

Es una proteína de tipo compuesta cuyo objetivo es actuar como adhesivo y aglutinar la harina para la elaboración de productos como pan y galletas. Participa en la fermentación permitiéndole a la masa leudar al momento de mezclarse con la levadura, le da a la masa una textura pegajosa y elástica de proteínas cuando se mixtura el agua con harina de trigo y se amasa por unos minutos.

Las personas alérgicas al gluten se las denomina Celiacos, por este motivo los productos que emplean en trigo no pueden ser consumidos por este grupo de personas, así que buscar una alternativa empleando otro tipo de harinas, resulta beneficioso y nutritivo. (Perlmutter, 2014)

El gluten es el responsable de la *elasticidad de la masa* de harina y confiere la consistencia y esponjosidad de las masas horneadas. Características apreciadas por los consumidores, por este motivo al sustituir parcialmente el trigo puede variar la aceptación de los mismos. (Ribotta & Tadini, 2009)

Tabla 3. Contenido de gluten en quinua, arroz integral y harina de trigo

Quinua	Arroz integral	Harina de trigo
0%	2%	12%

Fuente: (Ribotta & Tadini, 2009)

2.1.3 Quinoa

2.1.3.1 Generalidades

Tapia, (1997), asegura que, la quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un cereal alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina para las condiciones de montañas de altura, aunque un eco tipo que se cultiva en Chile, se produce a nivel del mar. Domesticada por las culturas prehispánicas, se la utiliza en la alimentación desde por lo menos unos 3.000 años. Se le menciona como una especie de importancia a la llegada de los españoles a Sudamérica (Jara, 2006, p. 4). (Mastrocola y Ortega, 2006) Dicen que en el Ecuador su cultivo se da en regiones altas de la sierra, como en Chimborazo, Carchi, Cotopaxi. Etc. En el 2005 se sembraron aproximadamente 1000 hectáreas de quinua, con rendimientos promedio de 0.5 t/ha, Conforme el INIAP en el Ecuador existen diversas variedades de quinoa: Tunkahuan, Ingapirca con bajo contenido de saponinas, Imbaya y Cochasqui (las dos últimas son las primeras variedades en la sierra ecuatoriana), Pata de venado precoz y de grano dulce. La demanda general por la quinoa ecuatoriana es de alrededor de 1000 t/año, que comparado con su oferta de 600 t/año en promedio, indica que dicha demanda se cubre con importaciones formales e informales desde Perú y Bolivia. (Quelal, 2010)

Sin embargo, Alía y Cols., (2003) dice que, el principal componente de los granos de quinoa es el almidón, que constituye el 60% del peso fresco del grano con sólo el 11% de amilosa. La estructura de la amilopectina del almidón de la quinoa es similar a la de los cereales, pero su elevado contenido hace que la pasta de quinoa sea más viscosa que la del trigo (Jara, 2006). Su harina se emplea como sustituto de la del trigo en la elaboración

de pan, galletas, pastas, alimentos extrusionados tipo “snack”, alimentos para niños, papillas y menús de nueva moda.

2.1.3.2 Características del grano

El grano de quinoa (*anexo 2*), presenta variedades de color: blanco, gris o rosado, acorde a su tamaño -menor que el de los cereales- (1,8 - 2,6mm) se clasifica en *grande* (2.2-2.6 mm), *medio* (1.8-2.1 mm) y *pequeño* (menor de 1.8 mm). Su pericarpio almacena un esteroide (saponina) que fluctúa entre el 0.06% y 5.1%, que le da sabor amargo, presenta cierta toxicidad. (Romo, Rosero, Folero, & Ceron, 2006)

De acuerdo con Villacorta y Talavera (1976) en su descripción de las cuatro capas del grano.

- Una capa externa que determina el color de la semilla y que es de superficie rugosa, quebradiza y seca que se desprende fácilmente con el vapor.
- El color de la segunda capa difiere de la primera y se observa sólo cuando la primera capa es translúcida.
- La tercera capa es una membrana delgada, opaca, de color amarillo.
- La cuarta capa es translúcida y está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión.

La quinoa se puede clasificar acorde con su color, tamaño de grano y contenido de saponina, de tal manera que:

Tabla 4. Clasificación de la quinua según el color, tamaño y contenido de saponina.

Color	Contenido de saponina	Tamaño del grano
1. Blanco	Amargo	Pequeño
2. Blanco	Amargo	Grande
3. Blanco	Dulce	Pequeño
4. Blanco	Dulce	Grande
5. Blanco	Amargo	Chullpi
6. Mixtura	Semiamargo	Medianamente grande
7. Rojo y púrpura	Amargo	Mediano

8. Anaranjado y amarillo	Amargo	Mediano
9. Kcoito	Casi dulce	Mediano
10. Negro	Amargo	Mediano

Fuente: (Tapia, 2000)

2.1.3.3 Composición fisicoquímica y aspectos nutricionales

La quinoa por su alto contenido de carbohidratos (50-60%), principalmente de almidón es considerado un pseudocereal, a pesar que su contenido de grasas y proteínas es más alto es empleado como cereal. El almidón localizado en el perisperma se muestra en pequeños gránulos con un 20% de amilosa que se gelatiniza entre 55 y 65 °C. Consta de alrededor de 6.2% de azúcares libres, 5.31% de fibra insoluble, 2.49% de fibra soluble, y 7.80% de fibra dietética total. Porque su proteína está conformada principalmente por albúminas y globulinas solubles en agua o soluciones salinas débiles es denominada libre de gluten, misma razón que dificulta su uso en la panificación, sin embargo, puede ser útil para *celiacos*. (Romo, Rosero, Folero, & Ceron, 2006)

Tabla 5. Composición química de granos de Quinoa. De acuerdo con Tapia, Metal, 1979 (29, 30).

Elemento	Quinoa
Proteína %	16.3
Grasa%	4.7
Carbohidratos totales %	50-60
Fibra Cruda %	7.80
Cenizas %	2.8
Energía (Kcal/100g)	399

Fuente: (Romo, Rosero, Folero, & Ceron, 2006)

La proteína del grano de quinoa contiene todos los aminoácidos esenciales (lisina, histidina e isoleucina, metionina, triptófano, fenilalanina, valina) (FAO: Cultivos Andinos version 1.0, 2001) más que otros cereales. También es fuente de vitaminas, como: E, B₂, B₆, Acido fólico y biotina; minerales como calcio, potasio, hierro, cobre, magnesio, y cloruros (box, M., 2005)

La quinoa y la kañiwa son aptas para la alimentación en niños. En el estudio realizado por Repo-Carrasco & Li Hoyos (1993) se formularon dos mezclas alimenticias: quinoa-kañiwa-habas y quinoa-kañiwa-frejol, con alto contenido nutricional. Las mezclas tenían valores muy cercanos al 2.36% y 2.59% de caseína, las personas de la tercera edad y quienes hacen dietas para adelgazar se pueden beneficiar con el consumo de quinua, dada su calidad nutricional, especialmente por el contenido de fibra dietética beneficiaria para el organismo por ejemplo, reduciendo el nivel del colesterol en la sangre y mejorando el sistema digestivo. (Repo, Espinoza, & Jacobsen, 2003)

2.1.3.4 Saponinas

Las saponinas son un factor antinutricional de las semillas de quinoa, está contenida en la cascara y son las responsables del sabor amargo. Su contenido permite diferenciar a la quinoa como dulces ($<0,11\%$) o amargas ($>0,11\%$). (Gomez, Lafelice, Verado, Marconi, & Caboni, 2014). Por su peculiar amargo y la formación de espuma en soluciones acuosas, estables en bajas concentraciones (0.1%) tiene aplicaciones en bebidas, champús, jabones etc.

2.1.3.5 Fitatos

Además de la saponina la quinoa consta con otro factor antinutricional que puede susceptibilidad la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales, como proteínas y minerales, como el ácido fítico (Tapia, 2000). Fitatos son la forma típica de almacenamiento del fósforo en las semillas. Son sales de ácido fítico (mioinositol 1,2,3,4,5-hexakisfosfato). La forma soluble de ácido fítico presente como Calcio-Magnesio se conoce como fitina. En semillas de leguminosas y también de cereales, son las sales de potasio y Magnesio los principales fitatos, la proporción de estas varía entre los diferentes tejidos de la semilla. En semillas leguminosas el fósforo es del 50 % en forma de fitato, mientras que en cereales alrededor de 60-70 %. Los contenidos de fitato en la semilla se relacionan con el inicio de la síntesis de almidón, dado que su concentración incrementa conforme aumenta la síntesis del mismo. (Herrera, Alizaga, Guevara, & Jimenez, 2006)

Rúales y Nair (1994) informan que el contenido de fitatos, cuantificados colorimétricamente como hexafosfato fue de $10,4 \pm 0,83$ mg en las muestras de quinoa sin tratamiento, y en las semillas escarificadas y lavadas de $7,8 \pm 0,13$ mg/100 g de

materia seca. Los taninos expresados como flavonoles no se han detectado en las semillas de quinoa sin tratamiento, tampoco los inhibidores de proteasa, aun cuando se incrementaron las concentraciones del extracto. (Tapia, 2000).

2.1.3.6 Tripsina

La tripsina es un inhibidor de proteasas son compuestos muy sensibles debido a la naturaleza proteica, son los encargados de obstruir la acción enzimática digestiva que cumple un rol importante en la hidrólisis de la proteína dietaria. (Bermeo, 2016)

La tripsina permite la hidrolización de proteínas a aminoácidos para posteriormente ser absorbidos en el organismo, normalmente en la quinoa estos inhibidores de proteasa son encontrado entre 1.06 y 5.04 mg/ml estos al unirse con la tripsina forman complejos inactivos. (Bermeo, 2016)

Una gran cantidad de estos inhibidores se los puede neutralizar mediante tratamientos como: térmicos, germinación y fermentación. (Bermeo, 2016)

2.1.3.7 Usos

Su principal aprovechamiento es en la nutrición humana, pero también en la alimentación animal, en la industria y en aplicaciones medicinales, por su contenido energético, nutritivo y contenido de almidón, se utiliza de forma integral por ser origen económico de proteínas. Es un grano especialmente pequeño y de alta viscosidad. (box, M., 2005). Con la harina se recomienda sustituir hasta en 20% la harina de trigo en panificación y hasta en 40-50% en pastelería”. (Repo, Espinoza, & Jacobsen, 2003)

2.1.4 Arroz integral

El arroz integral a diferencia del blanco esta únicamente descascarillado, es considerado desde el punto de vista nutricional el mejor tipo de arroz porque conserva su capa fibrosa externa rica en vitaminas (Cocinar Hoy, 2016), es también rico en minerales, fibras, proteína, y grasas pese a ello presenta bajo consumo por su extenso tiempo de cocción (45-60min), y atributos sensoriales no atrayentes. En los últimos años ha habido un auge en el desarrollo de productos saludables y de rápida preparación (Colina & Guerra, 2009).

Tabla 6. Composición fisicoquímica del arroz integral

Composición aproximada	Arroz integral
Humedad (%)	10.9
Proteínas (%)	8.14
Grasas (%)	2.42
Cenizas (%)	1.45
Fibra total (%)	3.7
Ca^b (mg/100g)	22.1
Fe^b (mg/100g)	0.86
Zn^b (hg/100g)	2.605

Fuente: (Salas & Haros, 2016)

Investigaciones informan la presencia de factores antinutricionales en el arroz como inhibidores de tripsina, lectina y ácido fítico, sin embargo, la mayoría de estos se encuentran en la cascara-granza y el germen del mismo, pero al ser proteínas son susceptibles a la desnaturalización y los estudios han demostrado que la cocción del grano inactiva dichos factores nutricionales. (Villalobos & Espinoza, 2017)

2.1.5 Propiedades reológicas de la masa de panificación

Al combinar el harina con agua, la masa presenta características variables dependientes de las propiedades y los componentes de la formula usada para alcanzar masas que cuenten con los atributos visco-elásticos del gluten (tiempo óptimo de amasado, tolerancia al sobreamasado y tasa de debilitamiento de masa, fuerza (en unidad Pascal (Newton/metros cuadrados) y extensibilidad de la masa (López, 2007) otras características son la gomosidad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad. (Díaz S. & Hernández G., 2012).

2.1.5.1 Equipo Mixolab de Chopin

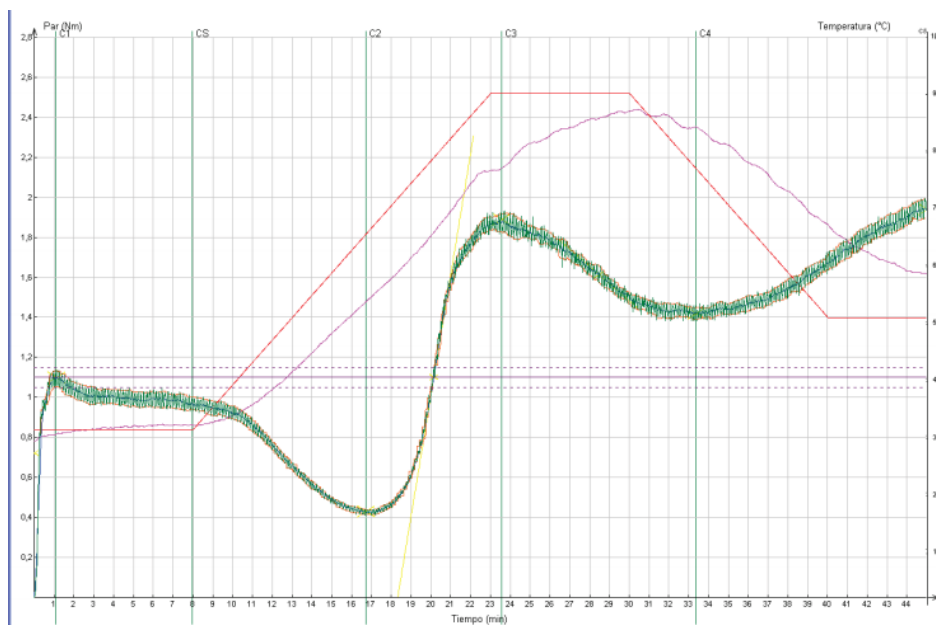
Equipo desarrollado por CHOPIN Technologies, que permite determinar el comportamiento reológico de una masa sometida a una doble restricción: el amasado y la temperatura. Mide en tiempo real el par expresado en Nm o mNm (Newton- metro/ milinewton- metro) que se produce cuando la masa atraviesa dos varillas amasadoras, las características reológicas estudiadas son: capacidad de hidratación, tiempo de desarrollo,

debilitamiento de la proteína, gelatinización, acción amilásica, retrogradación del almidón) (Chopin Technologies, 2015).

Los resultados que se obtiene del mismo se detallan en la *figura 1* que contiene cinco parámetros de control:

1. Desarrollo a temperatura constante, aquí se determina el poder de absorción de agua en las harinas y mide las características de las masas durante el amasado (estabilidad, tiempo de desarrollo, potencia absorbida). (Chopin Technologies, 2015).
2. Debilitamiento de las proteínas (α) a medida que la temperatura aumenta, la consistencia de la masa disminuye. El nivel de este debilitamiento depende de la calidad de las proteínas. (Chopin Technologies, 2015).
3. Gelatinización del almidón (β) transcurridos tiempos y temperaturas los fenómenos afines a la gelatinización del almidón resultan preponderantes, por el aumento de la consistencia. Este también depende de la calidad del almidón y, fortuitamente, de los aditivos añadidos. (Chopin Technologies, 2015).
4. Actividad amilásica (γ) Es el valor de la consistencia al final en el proceso y depende en gran parte, de la actividad amilásica endógena o añadida. La consistencia es inversamente proporcional a la actividad amilásica, es decir cuanto más significativa es la disminución de la consistencia, mayor será la actividad amilásica. (Chopin Technologies, 2015).
5. Retrogradación del almidón al enfriarse, el almidón decrece y la consistencia del producto incrementa. Ciertos aditivos afectan la acción sobre este fenómeno limitando su importancia, y así retarda el envejecimiento y conservar una mayor elasticidad del producto acabado. (Chopin Technologies, 2015).

El resultado se puede visualizar en las tres ventanas: – la curva del ensayo y sus valores característicos trazados en verde (Ci y pendientes). – el cuadro que resume los puntos característicos de la curva, – el Profiler que presenta la evaluación de las propiedades de la masa. (Chopin Technologies, 2015)

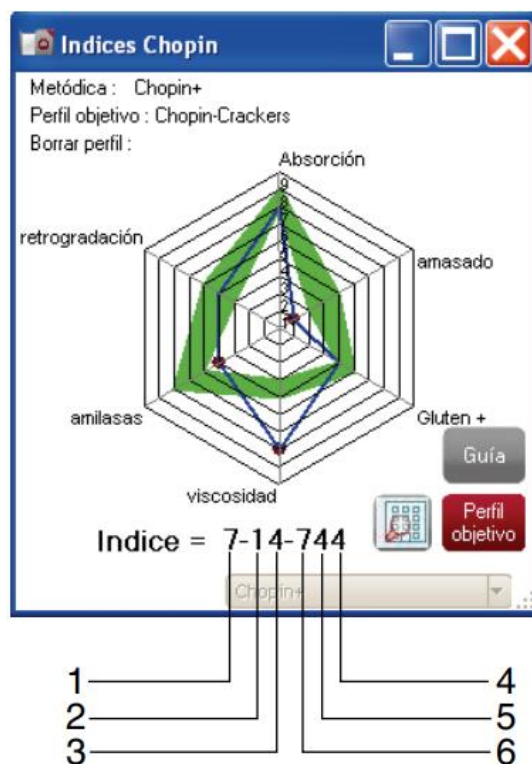


Fuente: (Chopin Technologies, 2015)
 Figura 1. Análisis reológico de la masa en Mixolab.

2.1.5.1.1 Mixolab Profiler

El Profiler es una herramienta del programa en el mixolab que permite visualizar las principales características de la masa y compararlas con perfiles objetivos. Se utiliza también para comparar el índice de una masa con un perfil tipo, obteniendo información sobre las posibles diferencias entre ambos.

Los índices de la masa expresado en la *figura 2* se componen a partir del valor de cada parámetro del Profiler: en el orden absorción (1), amasado (2), Gluten+ (3), viscosidad (4), amilasa (5), retrogradación (6). Si el índice aparece en rojo y en cursiva, significa que no se ha alcanzado el par objetivo de $1,1 \pm 0,05$ Nm. (Chopin Technologies, 2015).



Fuente : (Chopin Technologies, 2015)

Figura 2. Mixolab Profiler

2.1.5.2 Alveógrafo

Usado para determinar la manejabilidad de la masa este arroja una curva *figura 3* con los resultantes de fuerza de la masa (W), tenacidad (P) y extensibilidad (L) y la relación entre ambos (P/L) denominada equilibrio. (Hernández & Majem, 2015)

W: La fuerza de la masa se expresa en hercios (Hz) y la capacidad de la misma para deformarse se expresa en centímetros cuadrados (cm^2). En la *figura 3* se observa la correlación de todos los parámetros con este. (Toaquiza, 2011)

L: La extensibilidad mide la longitud de la masa y se expresa en milímetros (mm), dando una idea de la capacidad de retención de gases presentes en la fermentación. (Toaquiza, 2011)

P: La tenacidad también se expresa en (mm) está directamente relacionada con la absorción de agua, es decir que si una masa es más tenaz necesitará mayor cantidad de agua. (Toaquiza, 2011)

P/L: la relacion de tenacidad y extensibilidad es condierado el equilibrio del harina, se obtiene al dividir la tenacidad una vez multiplicada por el coeficiente de correlacion por la extensibilidad. (Toaquiza, 2011)

Acorde con (Toaquiza, 2011) la harina es considerada apta para panificacion cuando tiene un valores de W: entre 140 y 160, P/L: entre 0.5 y 0.6. En el caso de productos fermentado y horneados W: entre 180 y 200.

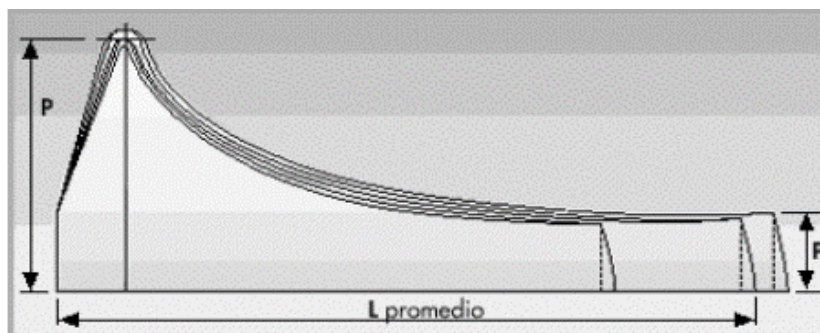


Figura 3. Alverograma tipo
(Ferrerias, 2009)

2.1.6 Propiedades fisicoquímicas de la masa

Las propiedades fisicoquímicas de la masa están vinculadas en su mayor porcentaje a la retención de agua, debido a que esta afecta directamente a los cambios fisicoquímico en el producto final, cambios como: el endurecimiento que es influenciado directamente al cambio químico que sufre el almidón. (Montoya, Giraldo, & Lucas, 2010)

Conforme (Bello & Osorio, 2019) para obtener una masa de buena calidad la harina debe contener las siguientes características fisicoquímicas:

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la masa

Composición aproximada (%)	Masa
Gluten	13
Agua	13
Almidón	66
Azucares	4
Minerales	4
Albúminas	4

Fuente: (Bello & Osorio, 2019)

también es importante el pH y la acidez de la masa, todos necesarios para determinar la resistencia, elasticidad y tasa de hidratación.

Retención del agua

La capacidad de retener agua de una harina contribuye en la calidad del pan, la vida útil y el rendimiento del proceso. Entre los parámetros que determinan esta propiedad tenemos el grado de molienda, calidad y cantidad de gluten, porcentaje de almidón dañado y el porcentaje de fibra. (Cedeño, Galarza, & Cornejo, 2013)

Tasa de hidratación

Es la capacidad que tiene una harina para retener agua, es medida en función del peso del agua. Acorde a dicha cualidad se clasifican las harinas en: floja, que tiene la capacidad de retener la mitad de agua de su peso total y harina de fuerza que retiene máximo 1.5% su peso en agua. (Maytcakes, 2015).

2.1.7 Pan

Producto obtenido de la fermentación y horneado de una masa básica hecha de harina de trigo, agua, levadura y sal (NTE INEN 2945, 2016)

2.1.7.1 Pan común

Su base está conformada por harina de trigo, agua, levadura, sal, agregado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios. (NTE INEN 2945, 2016).

2.1.7.2 Pan especial

Hecho de harina de trigo u otro tipo de harinas solas o mezcladas, agua, levadura, con o sin sal, añadido o no de grasas o aceites comestibles, con o sin azúcar, aditivos alimentarios y otros como los huevos y derivados, leche y sus derivados, frutas, etc. (NTE INEN 2945, 2016).

2.1.7.3 Pan integral

Producto con contenido de harinas integrales provenientes de cereales, agua, levadura, sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios. (NTE INEN 2945, 2016).

2.1.7.4 Pan integral especial

Producto a base de harinas integrales de cereales, agua, levadura, con o sin sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, con o sin azúcar, aditivos alimentarios y otros ingredientes alimentarios, como, por ejemplo, frutas, granos, oleaginosas, etc. (NTE INEN 2945, 2016).

Tabla 8. Requisitos físicos y químicos para el pan, pan común, pan especial, pan integral y pan integral especial.

Requisito	Unidad	Mínimo	Máximo
Humedad	%	-	45.0
pH	-	4.3	7

Fuente: (NTE INEN 2945, 2016)

2.1.8. METODO DE PANIFICACION

2.1.8.2. Método esponja

Según (Vallejo, 2010) se parte de una masa base o esponja que se prepara con la totalidad de la levadura y parte de los restantes ingredientes. Cuando la esponja está debidamente fermentada, se la amasa junto con el resto de los ingredientes hasta obtener la masa final. Una variante del método esponja es el poolish, que es una masa base líquida que se prepara con una pequeña proporción de agua, harina y levadura. La proporción de levadura puede variar atendiendo a la aceleración de la fermentación que se le quiera dar y a la fuerza de las harinas empleadas. Una vez que el poolish está a punto (cuando empieza a disminuir de volumen), se incorporan los demás ingredientes básicos (harina, agua, sal y levadura) en el amasado. Antes de comenzar a dar forma, la masa debe dejarse reposar durante un cierto período de tiempo, de 10 a 20 minutos.

2.1.9. Proceso para la elaboración de pan

Independientemente de las materias primas que el pan contenga, su proceso de elaboración no varía mucho, existen operaciones básicas e indispensables si lo que se desea es elaborar un producto de calidad. El primer paso es la *combinación* de materias primas, posteriormente se procede al amasado, el objetivo de este es lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa, así como su perfecta oxigenación. El *amasado* se realiza en máquinas denominadas amasadoras, que constan de una artesa móvil donde se colocan los ingredientes y de un elemento amasador cuyo diseño determina en cierto modo los distintos tipos de amasadoras, siendo las de brazos de movimientos variados (sistema Artofex) y las espirales (brazo único en forma de «rabo de cerdo») las más comúnmente utilizadas en la actualidad. Posteriormente se *divide y pesa* la masa con el objeto de formar piezas con un peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiplo del número de piezas que da la divisora. En las grandes panificadoras donde el rendimiento oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisoras volumétricas continuas. El siguiente paso es el *boleado* que consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división. Puede realizarse a mano, si la baja producción o el tipo de pan así lo aconsejan. O puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio. Muy importante en el proceso es el *reposo*, donde se debe dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente o en las cámaras de fermentación en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma. El siguiente paso es dar la *forma* que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano. Si se trata de barras, que a menudo suponen más del 85% de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras en las que dos rodillos que giran en sentido contrario aplastan el fragmento de masa y lo enrollan sobre sí mismo con ayuda de una tela fija y otra móvil. Concluidos los procesos anteriores se procede al *fermentado* que no es más que una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂

y algunos productos secundarios. En el caso de utilizar levadura de masa se producen en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias. Los objetivos de la fermentación son la formación de CO₂ y alcohol, el gas va a ser retenido por la masa ésta se esponja, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. En un sentido amplio la fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se han mezclado todos los ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50 °C en su interior. En la práctica se habla de varias fases o etapas: Primero: La pre fermentación correspondiente a la elaboración de la masa madre o de la esponja en los métodos indirectos. Segundo: La fermentación en masa, es el periodo de reposo que se da a la masa desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas. Es una etapa larga en la panificación francesa y en algunas elaboraciones españolas como la chapata gallega, pero es muy corta o inexistente en las elaboraciones mecanizadas del pan común español. Tercero: La fermentación intermedia, es el periodo de reposo que se da a la masa en las cámaras de bolsas tras el boleado y antes del formado. Cuarto: La fermentación final o fermentación en piezas es el periodo de reposo que se da a las piezas individuales desde que se practicó el formado hasta que se inicia el horneado del pan. Esta fase suele realizarse en cámaras de fermentación climatizadas a 30 °C y 75% de humedad. Para el *corte* operación intermedia que se hace después de la fermentación, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. para permitir el desarrollo del pan durante la cocción. Finalmente, la *cocción* es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 180 °C hasta 260 °C por un tiempo de 10 a 30 minutos, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C. Los hornos utilizados en panadería pueden ser continuos (hornos de túnel), cuando es posible alimentarlos con una secuencia ilimitada de piezas, o discontinuos cuando una vez cargados con la totalidad de las piezas hay que esperar a que se cuezan para sacarlas e introducir una nueva carga (hornos de solera, hornos de pisos, hornos de carros, etc.). Tras la cocción y enfriamiento el pan está listo para su consumo, aun así, el proceso completo puede que conlleve rebanado y/o empaquetado. (Mesas & Alegre, 2002)

2.1.8 Función de los ingredientes en la elaboración de pan

2.1.8.1 Agua

El agua hidrata los diferentes constituyentes de la harina, dando lugar a la masa de pan. El porcentaje de agua depende de la harina normalmente esta entre un 50 y un 70% (porcentaje referido respecto a la cantidad de harina). El pH, la dureza del agua, la temperatura, etc., pueden afectar en mayor o menor medida las propiedades de la masa. Habitualmente se emplea la temperatura del agua como una variable para vigilar la temperatura final de la masa. (Boatella & Lopez, 2004)

2.1.8.2 Levadura

La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) es la apoderada de la producción de gases y fermentación de las azúcares presentes en la masa, la fermentación es una actividad biológica complicada, donde participan enzimas que cumplen un papel importante en la producción de CO_2 , etanol y aromas. Las enzimas descomponen sustratos de azúcares, controlan la capacidad de la producción de gas en la fermentación, dan lugar a otras propiedades funcionales como la modificación de la reología, acidifican la masa que contribuye con el aroma y sabor del pan, y no afecta a las proteínas del gluten.

La composición química de la levadura contribuye también con el valor nutritivo del pan porque contiene 34% de ácido pantoténico (B5), 15% de tiamina, además de potasio, zinc, y fibra. (Boatella & Lopez, 2004)

2.1.8.3 Sal común

Desde un punto de vista estricto la sal no es un ingrediente esencial puesto que el pan se puede fabricar sin ella, pero si se la incluye en la mayoría de las formulaciones. Los efectos que produce en la masa van desde disminuir la capacidad de producción de gas de la levadura porque al estar en contacto con la sal inhibe su crecimiento y por lo tanto afecta a la reología de la masa disminuyendo su consistencia, hasta ser un regulador de la fermentación, sin embargo, es un potenciador del sabor. (Boatella & Lopez, 2004)

2.1.8.4 Azúcares

Son escasos los productos de panificación que no llevan adicionado algún tipo de azúcar con excepción del pan común. Su principal funcionabilidad es aumentar la capacidad de producción de gas de la masa, porque sirve como fuente alimenticia para la levadura en la fermentación. No todos los azúcares son fermentables por la levadura.

la sacarosa y la dextrosa son los edulcorantes más comunes, pero también se utiliza la lactosa, fructosa, jarabes de azúcar invertido, jarabe de maíz, extracto de malta, miel y otros de origen sintético como el aspartame y la sacarina pese a que su uso está restringido a algunos productos.

Dependiendo de la cantidad añadida el azúcar otorga propiedades organolépticas en el producto terminado, que puede no solo afectar al sabor sino también a la textura y apariencia. Los azúcares no fermentados durante el procesamiento de la masa permanecen como tales y son de utilidad ya que tienden a retener humedad en la hogaza y a darle un color dorado a la corteza de la misma proceso denominado reacciones de Maillard y de caramelizarían. (Boatella & Lopez, 2004)

2.1.8.5 Grasas

Ciertas propiedades funcionales de las grasas son atribuidas al efecto que tiene sobre la capacidad de retención de gas de la masa. En los productos de panificación las grasas se utilizan para mejorar la textura de la miga. Tienen la cualidad de disolver los aromas por lo que ayudan a retenerlos durante el proceso de horneado y mejoran la etapa de rebanado (Boatella & Lopez, 2004).

2.1.9 Softwares

2.1.9.1 Design Expert

El software estadístico Design-Expert que ofrece un arreglo impresionante de opciones de diseños experimentales y diseños de optimización. Su versatilidad permite manipular variables categóricas en conjunto con variables de procesos (numéricas) y/o mezcla. De acuerdo a las necesidades del usuario, el software construye y propone un protocolo aleatorizado del trabajo experimental a ejecutar. Es una herramienta poderosa y de fácil uso que permite planificar y ejecutar el trabajo experimental, y en un tiempo

insignificante, realizar el análisis estadístico de las respuestas de interés. Los gráficos y tablas de salida del software son fáciles de interpretar, y si el usuario lo requiere, también Design-Expert le interpreta los resultados del análisis estadístico mediante la técnica de análisis varianza. (Datanalysis, 2019)

2.1.9.2 Software ImageJ

ImageJ es una herramienta para procesar imágenes y realizar análisis. Es usada en muchas publicaciones científicas de biología, física y astronomía, también es usada para cuantificar imágenes médicas y detectar marcadores patológicos. Dado que soporta un alto número de formato de imágenes, es un buen visor de imágenes y permite un gran número de operaciones basadas en píxeles, sin embargo, no está destinado a ninguna otra operación basada en vectores. (Broeke, Mateos, & Pascau, 2015).

2.1.9.3 Statgraphics

Este software permite el análisis estadístico de datos explicando su distribución a través de gráfico, se usa también para el cálculo de intervalos de confianza y análisis de regresión. (Batanero & Díaz, 2018)

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Acidez Titulable y potencial de hidrogeno

La acidez titulante es el número de millo moles de hidróxido de sodio contenido en una solución para llevar el pH a 7, en harinas de origen vegetal se expresa en unidades como acido sulfurico, se titula con una solucion de hidroxido de sodio usando fenolftaleina como indicador. (NTE INEN 521, 2012).

El valor de pH (potencial de hidrogeno) depende de la concentración molar de iones hidronio, este se deriva de la necesidad de cuantificar la acidez y la alcalinidad. El agua es una sustancia que tiene un punto de neutralidad entre acidez y alcalinidad ya que tiene un pH igual a 7. 24 (Barba, Rodriguez, & Cordoba, 1991)

2.2.2 Volumen específico del pan

El volumen específico de la miga es una de las características más importantes en un producto de panificación. Este parámetro relaciona la percepción de un producto ligero, pero no denso, ya que existe una relación entre la densidad y el volumen de la miga. (Pauca, Salvador, Guillen, & Mori, 2016).

2.2.3 Proteínas

Las proteínas, contienen carbono, hidrogeno y oxígeno, pero también contienen nitrógeno y a menudo azufre. Son muy importantes como sustancias nitrogenadas necesarias para crecimiento y la reparación de tejidos corporales. (FAO: Alimentación y Nutrición N° 29, 2002). El pan aporta proteínas de tipo vegetal procedentes del grano del cereal con el que este compuesto, cuando es de trigo abunda una proteína que hace posible que la harina sea panificable: el gluten. (Ferro, 2020)

2.2.4 Humedad

En los alimentos su contenido acuoso puede influir directamente en la textura del mismo, incluso en su estabilidad y aceptación. El contenido de humedad tiene una marcada influencia sobre su conservación, el ajuste en ella es considerada una técnica de conservación. (Gutiérrez, 2000)

2.2.5 Cenizas

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o las interacciones químicas entre los constituyentes. Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento; en general, las cenizas suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos. (Marquez, 2014)

2.2.6 Grasas

Las grasas son insolubles en agua, pero solubles en solventes químicos. Las grasas alimentarias están compuestas principalmente de triglicéridos, que se pueden partir en

glicerol y cadenas de carbono, hidrogeno y oxígeno, denominadas ácidos grasos. (FAO: Alimentación y Nutrición N° 29, 2002). Por otra parte, todas las grasas y aceites poseen los distintos ácidos grasos, salvo los ácidos ω -3, que son específicos del pescado. Sin embargo, la cantidad de los distintos ácidos grasos va a variar según en alimentos, de modo que en las grasas predominan del tipo saturado y en los aceites los de tipo insaturado. 389 (Hernández & Sastre, 1999)

2.2.7 Fibra dietética

La fibra dietética (FD) se puede definir como una sustancia de origen vegetal que no puede ser digerida por las enzimas del tracto digestivo humano. Son polisacáridos estructurales de las plantas, que incluyen la celulosa, hemicelulosa, betaglucanos, pectinas, mucílagos, gomas y lignina; este último no tiene estructura de polisacárido porque son polímeros de fenilpropano. (Cabrera & Cárdenas, 2006).

2.2.8 Olor

Conjunto de sensaciones que se producen en el epitelio olfativo, localizado en la parte superior de la cavidad nasal, cuando es estimulado por determinadas sustancias químicas volátiles. (Bello J. , 2000)

2.2.9 Sabor

Sensación recibida en respuesta al estímulo provocado por sustancias químicas solubles sobre las papilas gustativas. (Bello J. , 2000)

2.2.10 Flavor

Conjunto de percepciones constituidas por estímulos olfato gustativos, táctiles y cenestésicos (experiencia sensorial percibida a través de los músculos de la cavidad bucal) que permite caracterizar lo específico de un alimento e identificarlo como tal. (Bello J. , 2000)

CAPITULO III

3 Metodología y desarrollo experimental

3.1 Marco metodológico

Esta investigación incluye análisis cualitativos y cuantitativos experimentales. Se efectuaron pruebas sensoriales del pan basado en catadores los que realizaron un perfil descriptivo cuantitativo los cuales definieron los parámetros mínimos a evaluar entre los cuales tenemos olor, color, sabor, forma, desarrollo, superficie, textura y aspecto al corte permitiéndonos interpretar los mejores resultados con la finalidad de brindar el mejor producto a los consumidores los cuales finalmente mediante una prueba hedónica definieron si el producto les gusta o disgusta. La cuantificación de parámetros reológicos mediante el Mixolab de Chopin, fisicoquímicos como contenido de proteínas, grasa, ceniza, humedad, pH y acidez en las harinas y en el pan permite el cálculo de datos estadísticos descriptivos para la elección de la mejor mezcla y la posterior elaboración del pan.

3.1.1 Investigación experimental

La investigación permite obtener información mediante los análisis cualitativos y cuantitativos, con la finalidad de describir cada uno de ellos y ayude a la elección de la mejor muestra. De manera que la fase experimental se enfoca en determinar las características de las harinas como PH, acidez y el contenido proteico de la mezcla de las harinas, además que también se panifican las 11 muestras para escoger las nuestras con mayor contenido proteico, una vez escogidas las mejores muestras se panifican nuevamente y se realizan el contenido proteico a los panes se le realiza pruebas sensoriales y reológicas del mismo para determinar la mejor muestra. Los análisis se realizaron por duplicado en laboratorios acreditados de la ciudad, y los análisis sensoriales realizados por los autores bajo modelo encuesta piloto de 30 catadores semienterrados y 3 catadores profesionales.

3.1.2 Investigación bibliográfica

Se efectuó través de la recopilación de artículos científicos, tesis doctorales y libros relacionados al tema que se encuentran en la biblioteca virtual de la universidad de guayaquil.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Materias primas

3.2.1.1 Harina de trigo

En el presente trabajo se utiliza la harina de trigo muy reconocida de marca comercial “la cordillera” se la utilizo por sus propiedades y por qué un trigo duro rojo de primavera también conocido como trigo CWRS o trigo rojo del oeste de Canadá conocido por contener características muy buenas de molienda y muy usado para la panificación.

3.2.1.2 Harina de Quinoa

Se utilizo la Harina de quinua “QUINOA flúor” variedad INIAP “pata de venado” producto hecho en Ecuador (provincias de Bolívar) elaborado por “granadino”.

3.2.1.3 Harina de arroz integral precocido

Se utilizo un Arroz integral de marca comercial “IMPERIAL” arroz pilado variedad clase 1 grado 1 integral Fabricado por “*pofiden*” bajo las normas. (NTE INEN 1234, 1986) La variedad que se utilizó fue la INIAP 17.

3.2.1.4 Sal

Sal de la marca comercial “CRISAL” proveniente de guayaquil- ecuador.

3.2.1.5 Azúcar

Se utilizo el azúcar comercial “VALDEZ” proveniente de Milagro, Ecuador.

3.2.1.6 Huevos

Se utilizaron huevos de marca comercial “Mi comisariato” proveniente de Guayaquil- Ecuador.

3.2.1.7 Levadura

Se utilizo levadura fresca de la marca comercial “LEVAPAN” conocida también como (*Saccharomyces cerevisiae*) encargada de la fermentación, proveniente de Guayaquil – Ecuador.

3.2.1.8 Mejorador

Se utilizó mejorador de marca comercial "PROPASTEL" cuyo componente principal es ácido ascórbico cuya función es reforzar la estructura de la masa del pan y proveniente de Guayaquil – Ecuador.

3.3 Diseño experimental

Para conseguir el diseño de mezclas de harina se manejó el software Design Expert versión 11, eligiendo el diseño de las mejores formulaciones, el rango de los componentes se estableció de la siguiente manera: rango para cada componente

Tabla 9. Rangos mínimos y máximos de sustitución de cada componente

Componente	Rango mínimo de Sustitución %	Rango máximo de sustitución %
Harina de trigo	70%	95%
Harina de arroz integral	2.5%	25%
Harina de quinoa	2.5%	20%

Fuente: autores

El programa eligió al azar 11 formulaciones que se muestran en la tabla 10, se sustituye la harina de arroz integral precocido y harina de quinoa en diferentes proporciones, de las cuales en el proceso de panificación se realizarán análisis fisicoquímicos y sensoriales con la finalidad de obtener la mejor muestra.

Tabla 10. Formulaciones alcanzadas por el programa Design-Expert versión 11.

formulación	Harina de quinoa %	Harina de arroz integral precocido %	Harina de trigo %
1	4.2	12.9	82.8
2	20	5.6	74.3
3	11.7	2.8	85.4
4	18.2	11.7	70
5	4.7	6.9	88.3
6	2.5	2.5	95
7	9.7	13.5	76.7
8	3.6	18.9	77.4
9	13.8	7.1	79.0
10	2.5	25	72.5
11	12.8	17.2	70

Fuente: (Design Expert versión 11)

3.3.1 Análisis fisicoquímicos de las mezclas de las harinas

3.3.1.1 Determinación de cenizas.

Las cenizas representan el contenido en minerales del alimento; en general, las cenizas suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos. Este análisis se basó en la norma (NTE INEN 520, 1980), en donde se utilizó la mufla marca MLW WEB elektro bad frankenhausen a 550°C hasta la formación de una ceniza gris se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{100(m_2 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)} \quad (\text{Ec.4})$$

C= contenido de harinas de origen vegetal en porcentaje de harina

M1= masa del crisol vacío (g)

M2=masa del crisol con la muestra(g)

M3=masa del crisol con la ceniza (g)

H=porcentaje de humedad de la muestra

3.3.1.2 Determinación de proteínas

Este análisis se basó en la normativa ((AOAC Official Method 2001.11, 2002) la cual consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración. La etapa de digestión se la realizo en un micro Kjeldahl marca “LABCONCO” modelo 603000; la destilación en un destilador marca “LABCONCO”. El porcentaje de proteína se lo obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$\% \text{ nitrogeno Kjeldhal} = \frac{N \cdot (V_s - V_b) \cdot 1,4}{W} \quad (\text{Ec.5})$$

$$\% \text{ proteina} = \% \text{ nitrogeno Kjeldhal} \cdot F \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

N= normalidad del ácido sulfúrico empleado

14,01= peso atómico del nitrógeno

Vs= volumen de ácido sulfúrico empleado en la titulación

Vb= volumen de ácido sulfúrico empleado en la titulación del blanco

W= peso de la muestra

F= factor de conversión nitrógeno a proteína (6,25)

3.3.1.3 Determinación de humedad

De los diferentes métodos de determinación de humedad, el más barato, rápido y ampliamente utilizado es el método indirecto por volatilización, el cual se basa en la separación del agua del alimento por secado en estufa a temperaturas superiores a 100°C. (Márquez, 2014) se realizó la determinación de la humedad por medio de la norma (NTE INEN 518, 1980) utilizando una estufa marca “linderg blue go1390a-1, se calcula con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100 \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

m1= masa de la pesa filtro vacío con tapa (g)

m2= masa de la pesa filtro y tapa con la muestra sin secar (g)

m3= masa de la pesa filtro y tapa, con la muestra seca (g)

3.3.1.4 Determinación de acidez

Se determino mediante el método descrito en la norma (NTE INEN 521, 1980) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{490NV}{m(100-H)} * V_1/V_2 \quad (\text{Ec.8})$$

Donde:

A= en contenido de acidez de las harinas de origen vegetal

N= Normalidad de NaOH

V= el volumen de NaOH utilizado para la titulación

V1= volumen de etanol empleado

V2= volumen de la alícuota tomada para titulación

M= masa de la muestra de harina

H= humedad de la muestra de harina

3.3.1.5 Determinación de pH

para la determinación de pH las cada una de las muestras se utilizó la normativa (NTE INEN 526, 2013) en la que se hace uso de potenciómetro, con electrodos de vidrio. Estandarizado con soluciones buffer a pH 4,01 y pH 9,18.

3.3.1.6 Determinación de grasas

Se llevo a cabo mediante el método descrito por la normativa (NTE INEN, 523, 1980) en la cual se encuentra el procedimiento para determinar las grasas en harinas vegetales.

3.3.1.7 Determinación de carbohidratos

Para la determinación de los carbohidratos se lleva a cabo el análisis estadístico siguiente:

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\text{grasas} + \text{ceniza} + \text{humedad} + \text{proteinas})$$

3.3.1.8 Capacidad de retención de agua (CRA)

Para determinar la CRA se siguió el método descrito por (Gallardo, 2016) Se pesó 1 g de muestra en un tubo de ensayo, se adicionó 30 ml de agua, se agitó y se dejó hidratar durante 18 horas. Luego se centrifugó a 2000 rpm por 30 minutos, se separó el sobrenadante y se transfirió el residuo en un crisol y se pesó, obtenido el valor de residuo húmedo (RH). Luego se secó el residuo a $105^{\circ}\text{C} \pm 1$ por 24 horas y se pesó, obteniendo el valor del residuo seco (RS). Se aplicó la ecuación (1)

$$CRA = \frac{RH(g) - RS(g)}{RS(g)} \quad (\text{EC.1})$$

3.3.1.9 Volumen de hinchamiento (VI)

Es la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua. Para llevar a cabo el VI se llevó a cabo el método descrito por (Gallardo, 2016). Se pesaron 2.5 gramos de muestra en una probeta graduada y se adicionó un exceso de agua (30 ml) y se agitó manualmente. Se dejó en reposo durante 24 horas, a temperatura

ambiente de $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$ y luego se midió el volumen final (Vf) de la muestra en ml. El resultado de VI, se obtuvo aplicando la ecuación.

$$VI = \frac{Vf(ml)}{\text{peso de la muestra (g)}} \quad (\text{EC. 2})$$

3.4 Desarrollo de las formulaciones en la producción de pan

Los panes se desarrollan de acuerdo a los porcentajes establecidos por el software Design Expert descritos en la tabla 11. Para determinar las cantidades de los ingredientes a utilizar en la elaboración de pan se usó el programa DOUGHLATOR versión 1.61, y se modificó la receta conforme la formulación de pan Brioche de (Bernarda, 2003) cada muestra se trabajó con la unidad experimental de 250 gramos que constituye el 100% de cada una de las mezclas se trabajó con el método esponja el cual de acuerdo con (Pascual & Zapata, 2010) tiene una mayor aceptabilidad a comparación del método directo para el tipo de pan en estudio.

Tabla 11. Formula para la produccion de pan base (250 g).

Componentes	Porcentaje	Cantidad en gramos
Mezcla de harinas (tabla 2)	100%	250
Levadura fresca	1.4%	10.50
Leche	25%	62.5
Azúcar	6.3%	15.8
Sal	1.9%	4.8
Huevo	30%	75.0
Grasas	20%	50.0
Mejorador	1%	2.50
Total		471.10g

Fuente:(autores)

3.5 Indicadores de calidad del pan

3.5.1 Determinación del volumen específico del pan

El método utilizado por el volumen específico del pan se determinó mediante la modificación del método *Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement, AACC Method 10-05* propuesta por Edilberto Laínez. El volumen se determinó por desplazamiento de las semillas de quinoa, colocadas en un vaso de

precipitación de 8 cm de diámetro y 10 cm de altura aplicando la siguiente ecuación: (Paucar, Salvador, Guillen, & Mori, 2016)

$$V(m^3) = \pi * r^2 * D \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

V= volumen específico del pan (m^3)

r^2 =radio de la circunferencia del vaso precipitación (cm)

D=distancia desplazada desde la marca (cm)

3.5.2 Determinación de pH de las masas

Para determinar el pH de las masas de las harinas se utilizó el método descrito en el punto 3.3.1.5 se utilizó el mismo para harinas como para masas.

3.5.3 Determinación de la acidez de las masas

Para determinar este parámetro se utilizó el método descrito en el punto 3.3.1.4 el cual es el mismo para harinas, masas y pan.

3.6 Análisis sensorial del pan

3.6.1 Prueba Descriptiva

Se efectuó una evaluación (ANEXO B) donde participaron tres catadores expertos valorando las siguientes características sensoriales del pan con una escala de 0 a 10. Siendo para el aspecto externo: 0 un color opaco y 10 un color típico; 0 forma atípica y 10 forma típica; 0 desarrollo en disminución y 10 desarrollo en incremento; 0 para superficie inconsistente y 10 para superficie compacta; el aspecto al corte indica: 0 un color de miga opaca y 10 un color de miga típico, la característica de sabor indica la intensidad de: 0 un sabor típico y 10 un sabor atípico, el olor indica la intensidad de: 0 típico y 10 atípico, en cuanto a la textura indica la elasticidad de: 0 para muestras muy poco elásticas que conservan su forma y 10 en muestras muy flexibles; 0 para gomosidad y masticación baja y 10 alta. Características descritas por (Zamora, 2007) donde establece cuales son las características organolépticas principales para el control sensorial de

productos de molinería, además del procesamiento de resultados, indicando también que el aspecto es detectado a través de la vista y da una percepción de la textura, el sabor se centra en la tipicidad del producto al evaluar la intensidad y calidad, el olor es evaluado a la primera percepción y se lo relaciona directamente con el olor típico del producto y la textura es evaluada desde la mordida hasta la deglución.

3.6.2 Prueba hedónica

Se realizó una evaluación (ANEXO B) donde participaron 30 panelistas inexpertos y consumidores recuentes que se denominan jueces afectivos, conforme el programa piloto de análisis sensorial de (Zamora, 2007), los cuales tienen como objetivo valorar el grado de aceptabilidad de las formulaciones establecidas en el diseño experimental realizado por el software Design Expert, utilizando una escala del 1 al 9: siendo 1 el de menos agrado y 9 el de mayor agrado.

3.7 Evaluación de aceptabilidad del pan con las mezclas propuestas

A partir de los valores obtenidos del porcentaje de proteínas, acidez titulable y pH en los análisis fisicoquímicos, se extraen las mejores muestras acorde con su valor nutricional, características de las harinas, y con revisión bibliográfica de porcentajes de sustitución recomendados por otros autores.

3.8 Análisis reológicos de las mejores formulaciones

3.8.1 Mixolab

Los análisis se realizaron a la empresa GRANOTEC S.A en el equipo Mixolab estándar, el cual permite determinar las propiedades reológicas de las mezclas de harinas conforme a los siguientes criterios de calidad: índice de absorción de agua, índice de gluten, índice de amilasa, índice de amasado, índice de viscosidad, e índice de retrogradación. Mientras que la gráfica de resultados “mixolab standard” permite evaluar los siguientes parámetros: C1 el comportamiento de la mezcla los primeros minutos, C2 indica el debilitamiento de las proteínas, C3 la gelatinización del almidón, C4 la actividad amilásica y C5 la retrogradación del almidón.

3.8.2 Alveógrafo

Los análisis fueron realizados por la empresa GRANOTEC S.A en el equipo Alveógrafo Chopin el cual analiza la tenacidad (P), extensibilidad(L), elasticidad (Ie) y fuerza de masas(W) procedentes de panificación.

3.8.3 Determinación de proteína para el pan

Llevado a cabo con la normativa ((AOAC Official Method 2001.11, 2002) la cual esta descrita en el punto 3.3.1.2.

3.8.4 Determinación se fibra dietaría

Realizada por laboratorios particulares certificados de la ciudad de Guayaquil bajo la normativa (AOAC 985,29, 2005)

3.8.5 Determinación de ceniza

Para determinar el contenido de ceniza del pan se utilizó la normativa descrita en el punto (3.3.1.1).

3.8.6 Determinación de humedad

De los diferentes métodos de determinación de humedad, el más barato, rápido y ampliamente utilizado es el método indirecto por volatilización, el cual esta descrito en el punto (3.3.1.3).

3.8.7 Determinación de carbohidratos

Para la determinación de los carbohidratos se utiliza la metodología aplicada por (Yugsi, 2017): $Carbohidratos = 100 - (ceniza + humedad + proteínas + grasas)$

3.8.8 Ensayos microbiológicos

Para el respectivo análisis microbiológico se determinaron los siguientes parámetros:

- ✓ Mohos y Levaduras por método (AOAC Official Method 997.02, 2012)
- ✓ Coliformes Totales y Escherichia Coli por el método (AOAC Official Methods 991.14, 2012)

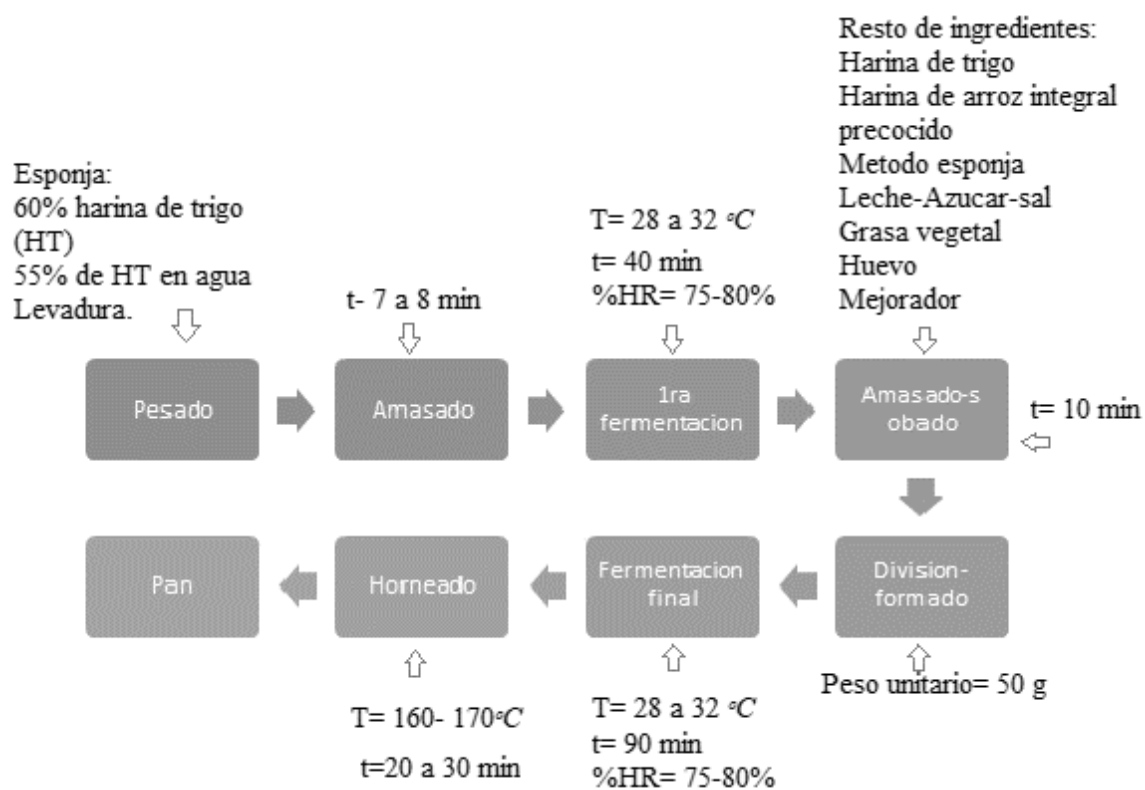
3.9 Aplicación del método esponja, tiempos de amasado, leudado y cocción

Para la elaboración del método esponja se coloca 60% de la totalidad de la harina, 55% de la harina total en agua y se la amasa por un tiempo de 8 minutos deja reposar por un tiempo de 40 minutos en el cual se va producir la primera fermentación con una humedad relativa del 80%, en el siguiente paso de amasado y sobado se le agrega el restante de harina y los ingredientes y se amasa por un tiempo de 10 minutos, después pasa al proceso de división y formado en el cual se pesan la cantidad de 50 g para cada pan y se procede al boleado o formado del mismo, pasando a la fermentación final que se realiza a una temperatura de 30°C por un tiempo de 90 minutos con una humedad relativa del 80%, se tomó en cuenta a los autores (Pascual & Zapata, 2010) (Miranda, Sanz, & Haros, 2019) y (Mesas & Alegre, 2002) quienes mencionan los rangos para la elaboración del pan. Después, del leudado final se realiza la cocción segundo proceso por el cual se eliminan los fitatos y antinutrientes (Villalobos & Espinoza, 2017), que se lleva a cabo a temperaturas de 160 a 170°C por un tiempo de 10 a 30 minutos.

3.10 Rendimiento del pan

Con el método esponja se obtiene un mayor desarrollo debido a que este proporciona un mayor leudado de los panes y estos alcanzan mayor tamaño y retienen mayor contenido de CO₂ en su interior y aumentan su peso. Se obtuvo un rendimiento de 37 panes de 50 gramos cada uno.

3.11 Diagrama de flujo de obtención del pan – método esponja



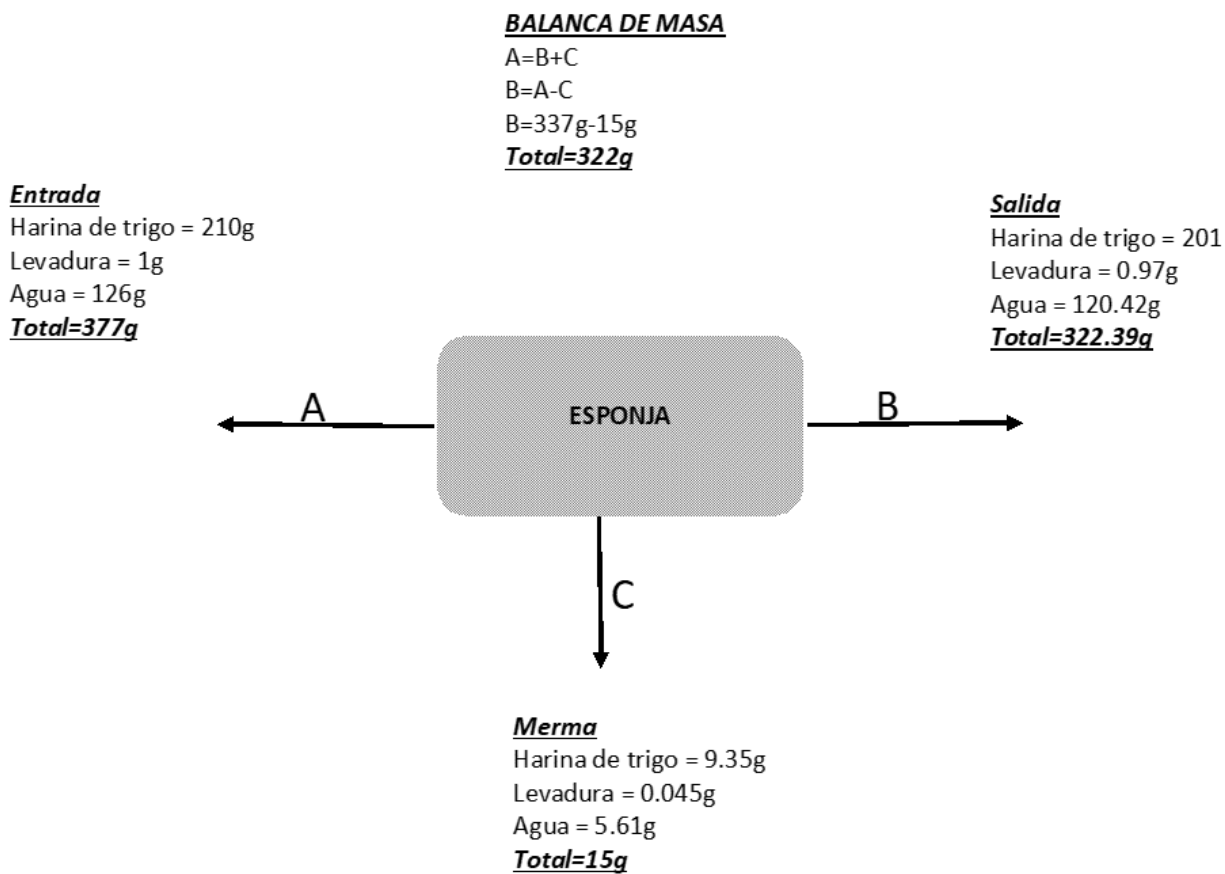
Fuente:(autores)

Figura 4. Diagrama de flujo de obtención del pan – método esponja

CAPITULO IV

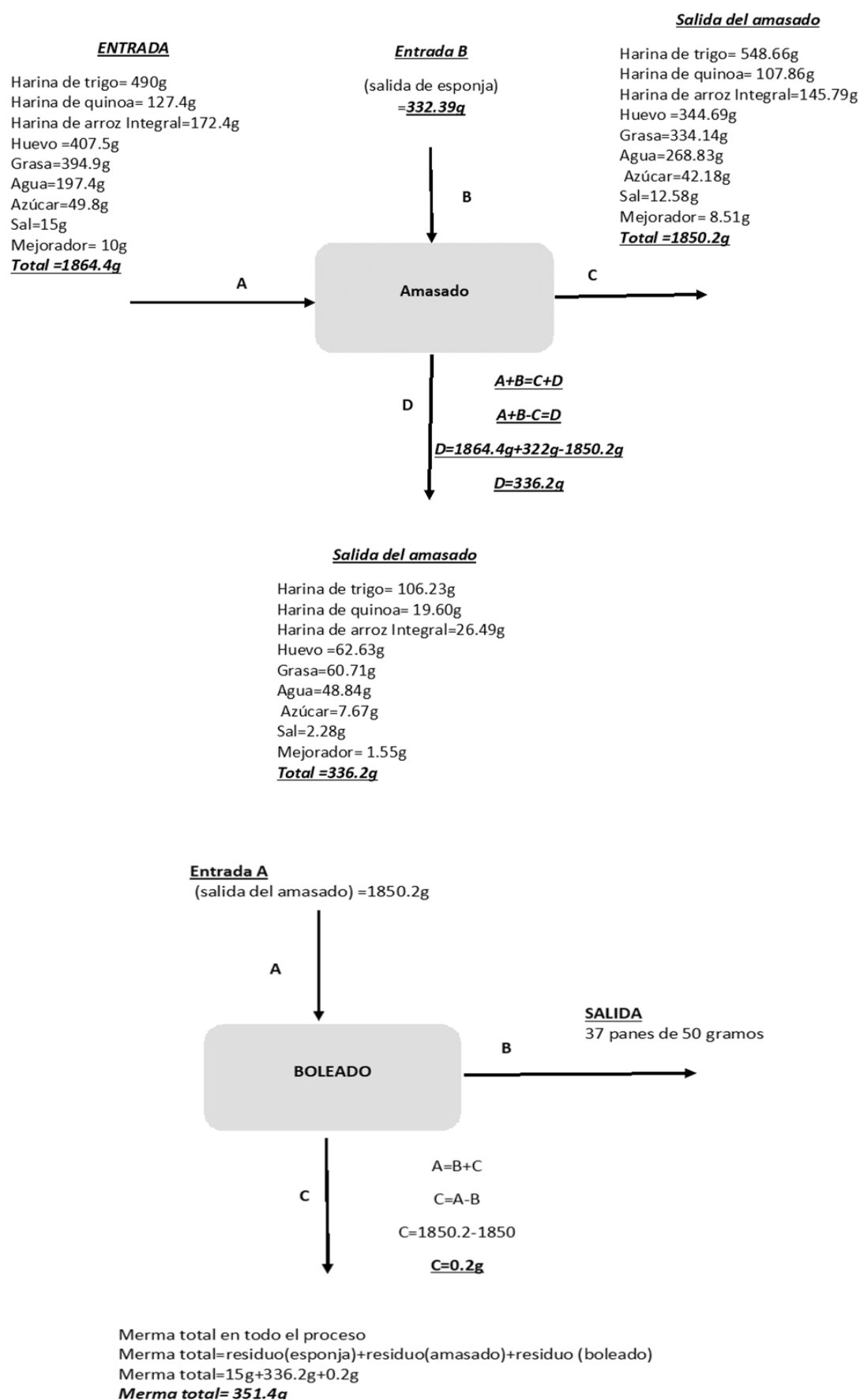
4 Análisis de resultados

4.1 Diagrama de flujo balance de materia para método esponja.



Fuente:(autores)

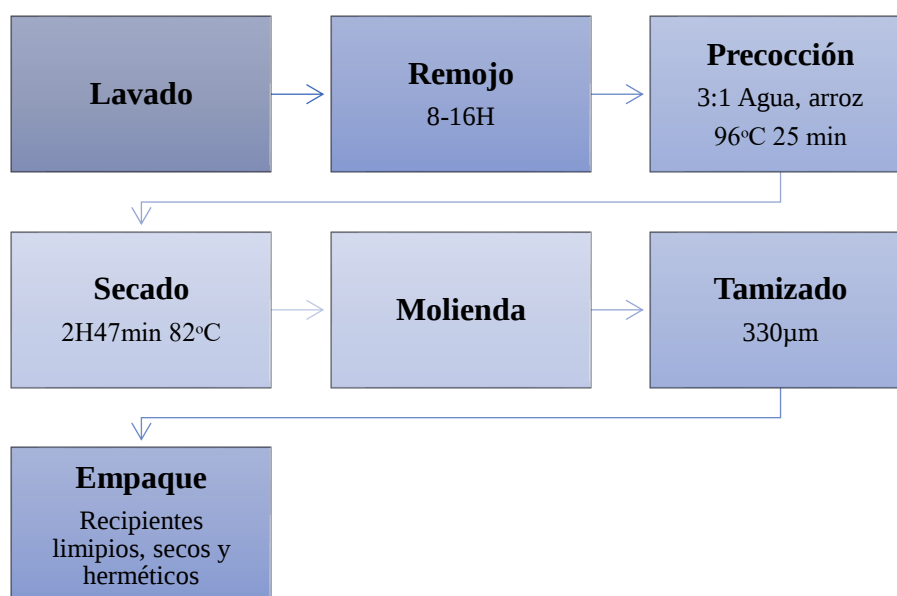
Figura 5. Balance de materia del pan método esponja



4.2 Obtención de harina de arroz integral precocido

Dado que en el país es poco frecuente encontrar en el mercado un producto con características tan específicas como lo es harina de arroz integral precocido o el arroz integral de cocción rápida por sí solo, además de las limitadas importaciones por la emergencia sanitaria *COVID-19 (2020)*, fue necesaria la elaboración del mismo. Acorde con (Colina & Guerra, 2009) el proceso se lleva a cabo en tres etapas: remojo, cocción y secado. Para el remojo se necesitó de un tiempo mínimo de ocho horas y máximo de 16 horas con una temperatura sugerida de 50°C, a esto (Altamirano, 2017) acota que : *“Durante la fase de remojo (temperaturas por debajo de 65°C), tanto la velocidad de absorción de agua como la capacidad de absorción no parecen depender de la temperatura ni del tipo de arroz”* , en la precocción según la bibliografía la temperatura optima es de 96 °C por 25 min ya que la absorción de agua no es exagerada y el secado no resulta prolongado, el tiempo de secado sugerido es de 2h 47min a 82°C.

Una vez el arroz está seco y frio con la ayuda de un molino manual de cereal (marca comercial “corona”), se procedió a la molienda del mismo en repetidas ocasiones y ajustando en cada una el disco giratorio con el fin de obtener una harina cada vez más fina. Finalmente, la harina se tamizo hasta una granulometría de 330µm conforme la norma (NTE INEN 517, 2013) y se conservó en recipientes limpios, secos y herméticos.



Fuente:(autores)

Figura 7. Diagrama de flujo elaboración de arroz integral precocido

4.3 Caracterización de los almidones de las harinas

Se estableció un código para cada formulación de harinas; m: muestra y el número, los resultados obtenidos se realizaron por triplicado el valor promedio y la desviación estándar se muestra en la *tabla 12*.

Tabla 12. Capacidad de retención de agua y Volumen de hinchamiento de las harinas.

Formulaciones	CRA (%)	VH (ml/g)
M1(4.2%quinoa,12.9%arroz integral precocido,82.8% trigo)	2.758 ±0.003	2.478 ±0.000
M2 (20%quinoa,5.6%arroz integral precocido,74.3% trigo)	2.691 ±0.168	2.463 ±0.000
M3 (11.7%quinoa,2.8%arroz integral precocido,85.4% trigo)	2.811 ±0.036	2.474 ±0.000
M4 (18.2%quinoa,11.7%arrozintegral precocido,70% trigo)	2.715 ±0.163	2.489 ±0.002
M5 (4.7%quinoa,6.9%arrozintegral precocido,88.3% trigo)	2.801 ±0.003	2.468 ±0.000
M6 (2.5%quinoa,2.5%arrozintegral precocido,95% trigo)	2.735 ±0.094	2.462 ±0.000
M7 (9.7%quinoa,13.5%arrozintegral precocido,76.7% trigo)	2.644 ±0.025	2.487 ±0.001
M8 (3.6%quinoa,18.9%arrozintegral precocido,77.4% trigo)	2.701 ±0.093	2.513 ±0.000
M9 (13.8%quinoa,7.1%arrozintegral precocido,79% trigo)	2.679 ±0.093	2.491 ±0.000
M10(2.5%quinoa-25% arroz-72% trigo)	2.749 ±0.106	2.484 ±0.000
M11(12.8%quinoa-17.2% arroz-70% trigo)	2.814 ±0.165	2.534 ±0.153
H. trigo¹	2.902	2.489
H. arroz integral¹	3.386	3.035

Fuente:(autores)

1. (Arias & Vallejo, 2020)

Volumen de hinchamiento (VH)

El VH es la capacidad que tienen los almidones de hidratarse, es una medida del daño sufrido durante el proceso de la molienda. Este parámetro no resultó significativo en el diseño propuesto por el software, por este motivo no es una variable de decisión.

Capacidad de retención de agua (CRA)

Los valores de CRA indican la capacidad que tiene el granulo de retener agua en su matriz proteica, los valores registrados en la *tabla 12* indican que existe una diferencia mínima entre las formulaciones. Según (Arias & Vallejo, 2020) en su investigación destaca que un valor alto de este parámetro retrasa el endurecimiento del pan, cumplen con este requisito ya que la muestra control presenta un valor de 2,9 (g/g). (Arias & Vallejo, 2020)

Los valores de VH determinan la capacidad que posee el granulo de hincharse al estar en presencia de agua, según (Arias & Vallejo, 2020) señalan que un valor alto de este parámetro es un indicador de mejor cocción. Con respecto a la *tabla 12* se puede observar que los valores reportados representan una diferencia mínima entre las formulaciones con la muestra control 2,48(ml/g). el volumen de hinchamiento está ligado directamente proporcional al contenido de fibra de cada muestra (Arias & Vallejo, 2020).

El análisis realizado por el Software de Design Expert muestra que el valor del CRA es significativo y que está representado por un modelo lineal, la desviación estándar es 0,0129, el porcentaje del coeficiente de variación es 0,471 y el coeficiente de determinación es 0,989 mostrando de esta manera que existe un buen ajuste entre el modelo predictivo y los valores experimentales. En términos de sus componentes el modelo está representado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \text{A=T: Trigo} \\ & \text{B=Ai: arroz integral precocido} \\ & \text{C=Q: quinua} \\ \text{CRA} = & +2.68A+3.23B+5.63C-1.13AC-3.88AC+123.74BC=62.99 \text{ A}^2BC-407.08 \text{ AB}^2C- \\ & 493.86 \text{ ABC}^2 \end{aligned}$$

4.4 Caracterización físico química de las harinas

En la *tabla 13* se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de las harinas que fue realizado en laboratorios externos acreditados, las muestras se hicieron por duplicado y el valor promedio se expresa a continuación:

Tabla 13. Caracterización fisicoquímica de las harinas

Formulaciones	Cenizas (%)	Proteínas (%)	Humedad (%)	Acidez titulante (%)	pH	Grasas (%)	Carbohidratos totales (%)
---------------	-------------	---------------	-------------	----------------------	----	------------	---------------------------

M1 (4.2%quinoa,12.9%arroz integral precocido,82.8% trigo)	0.91	8.90	11.63	0.26	6.8	2,8	75.76
M2 (20%quinoa,5.6%arroz integral precocido,74.3% trigo)	0.83	14.43	11.63	0.36	6.9	2.3	71.11
M3 (11.7%quinoa,2.8%arroz integral precocido,85.4% trigo)	0.82	11.22	11.43	0.44	6.7	2.4	74.13
M4 (18.2%quinoa,11.7%arroz integral precocido,70% trigo)	0.69	14.23	11.30	0.61	6.7	2.2	64.88
M5 (4.7%quinoa,6.9%arroz integral precocido,88.3% trigo)	0.70	10.75	11.38	0.36	6.8	2.0	75.17
M6 (2.5%quinoa,2.5%arroz integral precocido,95% trigo)	0.76	11.85	12.38	0.38	6.8	1.4	75.08
M7 (9.7%quinoa,13.5%arroz integral precocido,76.7% trigo)	0.83	10.49	11.70	0.58	6.8	1.9	75.08
M8 (3.6%quinoa,18.9%arroz integral precocido,77.4% trigo)	0.70	11.55	11.63	0.42	6.7	2.4	73.72
M9(13.8%quinoa,7.1%arroz integral precocido,79% trigo)	0.70	12.85	11.69	0.56	6.7	3.1	71.66
M10 (2.5%quinoa,25%arroz integral precocido,72.5% trigo)	0.90	9.10	12.11	0,29	6.9	2.4	75.49
M11 (12.8%quinoa,17.2%arroz integral precocido,70% trigo)	0.70	13.9	11.18	0.41	6.7	3	71.22
H. trigo^{1 y 3}	0.63	10,1	12.57	0.12	5.8	1.37	75.33
H. quinoa^{1 y 4}	2.57	13,81	12.47	0.3	5.58	5.31	65.84
H. arroz integral³	1.45	8.14	10.09	0.14	6.4	2.42	
Harinas integrales²	max. 2.0	min. 11	max. 15.0	max. 0.3		max. 3	

Fuente: (Autores)

1. (Rodríguez, Lascano, & Sandoval, 2012) 2. (NTE INEN 616, 2015) 3. (Salas & Haros, 2016) 4. (Repo, Espinoza, & Jacobsen, 2003)

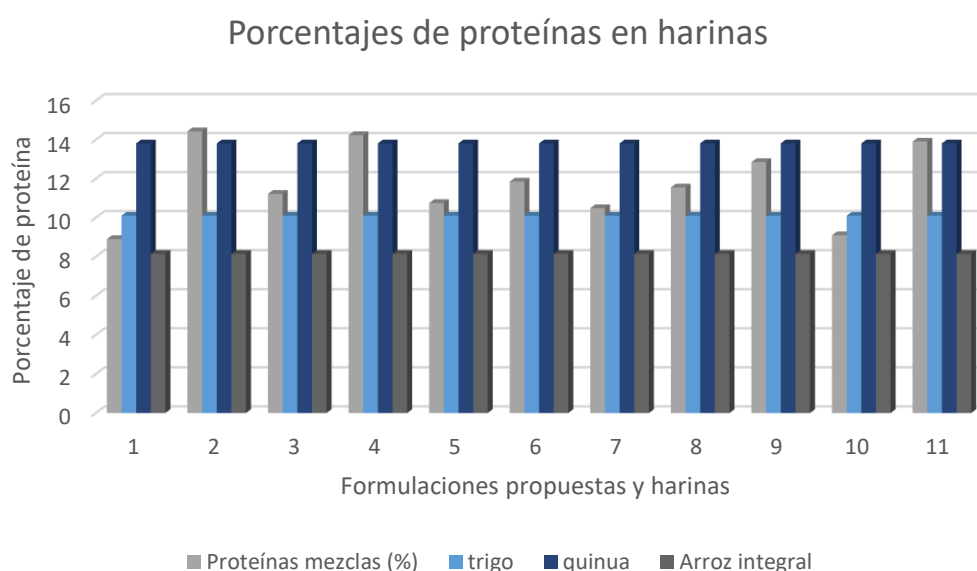
4.4.1 Análisis de Cenizas

Empleando el programa Design expert al evaluar el parámetro de ceniza que se muestra en tabla 13 se evidenció que los valores de las mezclas experimentalmente no presentan diferencia significativa con un 95% de confianza. Sin embargo, al compararlas con los resultados obtenidos de ceniza en las harinas solas de trigo, quinua y arroz integral se puede observar que si existe diferencia significativa entre las harinas solas vs las mezclas propuestas.

Los valores experimentales obtenidos son cercanos a los presentados por (Salazar, 2015), donde se muestran datos de la harina de quinua cruda con valores de ceniza de 3.07 %, (J., Hernández, & Arias, 2017) expresa valores de 1.27% y 0.86 % para el arroz integral crudo y cocido respectivamente. Sin embargo, la muestra 2 (20% harina de quinua) no presenta porcentajes tan altos en los resultados de esta experimentación. La norma (NTE INEN 616, 2015) para harina cruda establece el máximo de cenizas de 2%, valor que si se cumplen en todas las formulaciones.

4.4.2 Análisis de proteínas.

Para la proteína, los datos reportados en la tabla 13 se grafican en la *figura 8* que se muestra a continuación.



Fuente: (Autores)

Figura 8. Porcentaje de proteína de las 11 mezclas

Los valores muestran que el porcentaje de la proteína se incrementa en función de la sustitución con la harina de quinua que siempre presenta mayor valor de proteína. (Salazar, 2015) indicó que el pan con sustitución al 5% de harina de quinua tiene un porcentaje de proteínas del 11.56% valor que es confirmado por (Montúfar, 2015) y para el arroz (Salas & Haros, 2016) en sus estudios obtiene un 8.14% de proteínas para la harina de arroz integral cruda, porcentaje que posiblemente se afecta por la precocción del arroz ya que según lo establece (Melo & Cuamatzi, 2007) cuando la temperatura está por encima de 50°C la proteína se desnaturaliza y por lo tanto los valores percibidos de

esta serán menores. Después de la cocción (J., Hernández, & Arias, 2017) expresan que los valores de proteína pueden disminuir hasta el 3.41% para arroz integral cocido.

Empleando el programa de Design Expert se puede observar que existe diferencia significativa entre los valores del porcentaje de las mezclas propuestas como se puede ver en la tabla 14, el modelo que representa estos datos es lineal:

Tabla 14. Anova por método lineal

Source	Sum of Squares	df	Mean square	F-value	p-value	
Model	24.41	2	122.20	7.61	0.0141	Significant
(1) <i>Linear Mixture</i>	24.41	2	12..20	7.62	0.0141	
Residual	12.82	8	1.60			
Cor Total	37.23	10				

Fuente:(autores)

La desviación estándar de las mezclas es de 1,27, el porcentaje del coeficiente de variación 6,77 y el coeficiente de determinación R² es de 0,66. La ecuación final en términos de sus componentes se expresa a continuación:

T: trigo
Ai : arroz integral
Q: quinua

$$\text{PROTEINAS} = +0.097222 \text{ T} + 0.077763 \text{ AI} + 0.335581 \text{ Q}$$

La solución numérica del programa indica que en términos de sus mejores componentes considerando los valores de volumen de hinchamiento, proteína y capacidad de retención de agua, las mejores mezclas son:

Tabla 15. Solución numérica de Proteína y CRA

TRIGO	A. INTEGRAL	QUINUA	VH	PROTEINA	CRA	
70.000	17.242	12.758	2.502	13.9	2.810	1.000 Selected
70.000	11.785	18.215	2.495	14.23	2.718	1.000 *
79.088	7.115	13.797	2.481	12.85	2.672	1.000 *

74.375	5.625	20.000	2.484	14.380	2.691	1.000	*
--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------	---

Fuente:(autores)

4.4.3 Análisis de humedad

Con respecto a la humedad determinada experimentalmente, cumplen la especificación para harinas de uso en panificación el límite permisible que establece la norma (NTE INEN 616, 2015) es de 14.5%. No existe diferencia significativa entre los valores de humedad de las mezclas con un 95% de confianza(NTE INEN 616, 2015).

4.4.4 Análisis de acidez titulable

En la tabla 13 se muestran los valores de acidez evaluados en las mezclas propuestas, en la norma (NTE INEN 616, 2015) de harinas integrales muestra que el máximo de acidez es de 0.3%. En esta investigación las mezclas propuestas que cumplen con la normativa son la 1 y la 10, el resto de mezclas están fuera de los límites para harinas integrales, esto está en función del porcentaje de mezcla.

4.4.5 Análisis de pH

Los valores para pH no presentan diferencias significativas entre las mezclas analizadas, con un porcentaje de confianza del 95%.

4.4.6 Análisis contenido de grasas

El contenido de grasas en su mayoría arroja valores dentro del rango permitido en la norma (NTE INEN 616, 2015) para harinas integrales, máximo permitido es de 3%. En la siguiente ilustración se compara el porcentaje de grasa de las mezclas de harina y el porcentaje de grasa de las harinas de quinua, arroz integral y trigo. Se observó que la harina de quinua presenta un alto porcentaje de grasa esto dato ha sido confirmado por (Hernandez, 2019) quienes han identificado como valor promedio 5 hasta 7,2 % de lípidos. Bibliográficamente (Vargas, Arteaga, & Cruz, 2019) indicó que el porcentaje de

grasa de la quinoa contiene ácidos grasos polisaturados que tienen efecto para la salud en la alimentación humana. Todos los ácidos grasos presentes en la quinoa están protegidos por la presencia de la vitamina E, que actúa como antioxidante, entre estos ácidos grasos tenemos el ácido oleico, el linoleico, linolénico (Vargas, Arteaga, & Cruz, 2019).

4.4.7 Análisis de carbohidratos totales

Los carbohidratos totales se los obtuvo mediante cálculo teórico que consiste en restar al 100 la sumatoria de los porcentajes de ceniza, humedad y proteínas, grasa y fibra. Los valores bibliográficos de los carbohidratos contenidos en las harinas de quinoa y arroz se encuentran en rangos de 73 hasta 74%, en el primer caso y 79,2 en el arroz. Las mezclas propuestas presentan un contenido de carbohidratos en forma de almidón. Según los estudios de (Repo, Espinoza, & Jacobsen, 2003), en el almidón de la quinoa están presentes en un 11% las amilopectinas, que por su forma y diámetro tienen un punto de gelatinización muy bajo (57 – 71).

Por el análisis realizado las mezclas seleccionadas están descritas a continuación en la *tabla 16*

Tabla 16. Mezclas preseleccionadas

Formulaciones	CRA (%)	Proteínas (%)
M2 (20%quinoa,5.6%arroz integral precocido,74.3% trigo)	0.83	14.43
M4 (18.2%quinoa,11.7%arroz integral precocido,70% trigo)	0.69	14.23
M9(13.8%quinoa,7.1%arroz integral precocido,79% trigo)	0.70	12.85
M11(12.8%quinoa-17.2% arroz-70% trigo)	0.70	13.9

Fuente: (Autores)

El análisis realizado mediante el *statgraphics* muestra que no existe diferencia significativa con un 95% de confianza entre las 4 muestras, esto fue confirmado con la prueba de Duncan por este motivo se evaluaron sensorialmente para escoger la mezcla con mayor aceptación.

Tabla 17. Análisis con software Statgraphics

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	110.014	1	110.014	0.24	0.6403
Intra grupos	272.831	6	454.718		
Total (Corr.)	283.832	7			

Fuente: Statgraphics

4.5 CARACTERIZACIÓN DE PAN

Para la caracterización de los panes se va a emplear el método utilizado por el volumen específico del pan se determinó mediante la modificación del método *Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement, AACC Method 10-05* propuesta por Edilberto Laínez, a continuación, en la *tabla 18* se muestran los resultados del volumen específico del pan de las mezclas y el pan control:

Tabla 18. Volumen específico del pan

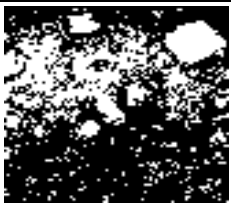
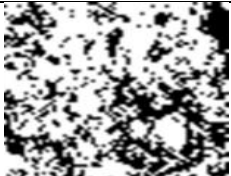
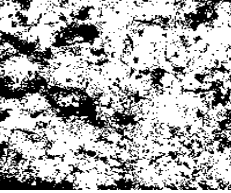
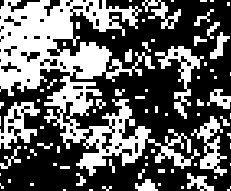
Muestras	Volumen específico (cm^3)
CONTROL	19.22
M4 (18.2%quinoa,11.7%arroz integral precocido,70% trigo)	18.54
M2 (20%quinoa,5.6%arroz integral precocido,74.3% trigo)	18.60
M9 (13.8%quinoa,7.1%arroz integral precocido,79% trigo)	18,84
M11 (12.8%quinoa-17.2%arroz integral precocido-70% trigo)	19.10

Fuente: (Autores)

A las muestras 9 y 11 les corresponden los más altos valores de volúmenes específicos entre las demás, es decir que los panes tuvieron mayor leudado y por ende mayor tamaño. Se empleo el programa Statgraphics para comparar los valores obtenidos frente al control y no se encuentra diferencia significativa en las mezclas con un porcentaje de confianza del 95%.

4.5.1 Evaluación tecnológica empleando método esponja

A través del programa ImageJ se hizo el análisis de la miga y se calculó el área promedio de sus alveolos empleando el método esponja. se escogió el método para aumentar los tiempos de fermentación conforme a las recomendaciones de (Miranda, Sanz, & Haros, 2019), que expresa que alargar los tiempos de fermentación permiten la disminución de los de fitatos, además el proceso de cocción también los disminuye.

Control (100% trigo)			
M2 (74,37 Trigo, 20,00% Quinoa, 5,625 Arroz integral)			
M4 (70,00 Trigo, 18,21% Quinoa, 11,78 Arroz integral)			
M9 (79,08 Trigo, 13,79% Quinoa, 7,11 Arroz integral)			
M11 (70,00 Trigo, 12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)			

Fuente: (Autores)

Figura 9. Análisis de la miga y se calculó el área promedio de sus alveolos

Después de la evaluación se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. Cálculo del área de miga a través de ImageJ

Mezclas	Área promedio de miga (mm^2)	Área promedio de miga (cm^2)	Área total de rodaja (mm^2)	Área total de rodaja (cm^2)
Control (100%)	52.50	0.525	18344	183.44
M2 (20%quinoa,5.6%arroz integral precocido,74.3% trigo)	5.50	0.055	23309	233.09
M4 (18.2%quinoa,11.7%arroz integral precocido,70% trigo)	3.80	0.038	15467	154.67
M9(13.8%quinoa,7.1%arroz integral precocido,79% trigo)	12.62	0.126	109157	1091.57
M11(12.8%quinoa-17.2% arroz- 70% trigo)	15.67	0.756	18488	184.67

Fuente: (Autores)

Las rodajas de pan se escanearon a través del software donde las imágenes se adaptaron a una escala B/N para facilitar la visualización de los orificios formados en la miga debido al CO₂ (alveolos).

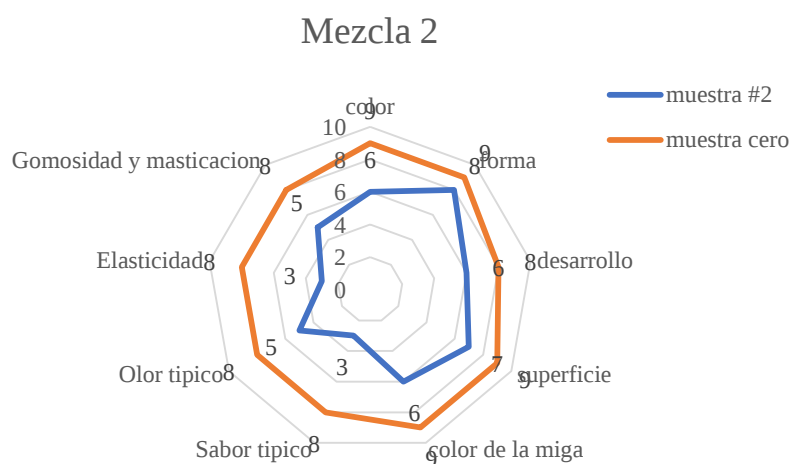
La muestra 9 y 11 tienen un área promedio de 12.62 y 15.67 (mm^2) respectivamente. Pese a que el área de la rodaja de la muestra 9 es más grande, esto no significa que su miga también lo sea.

4.5.2 Análisis sensorial descriptivo cuantitativo

Las mezclas se analizaron por tres expertos en el área alimenticia a los cuales se les presento una escala de 10 cm para la evaluación de cada una de las características del pan, conforme la metodología empleada por (Zamora, 2007). Todos los atributos son comparados con los del pan tradicional (100% harina de trigo). Este tipo de producto se caracteriza por tener una corteza blanda, este parámetro debe ser considerado por los catadores.

El pan de la mezcla dos en la *figura 10* se caracterizó por los descriptores relevantes como el color neutral, una forma redonda con un boleado casi perfecto, un desarrollo medio del

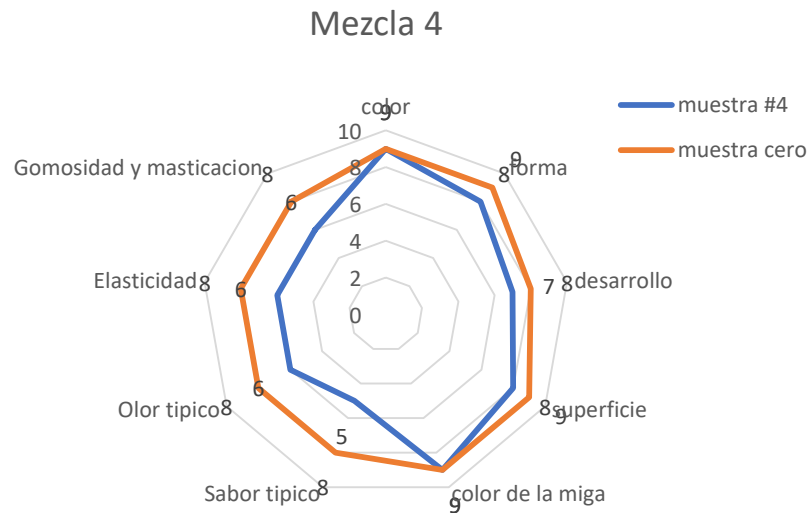
total de un pan normal, una superficie aceptable con pocas imperfecciones, el color de la miga se encuentra en un valor medio, sabor que se encuentran entre un valor bajo no tiene buen sabor, el olor se encuentra en un rango medio entre típico y atípico, contiene poca elasticidad por debajo de la muestra base, además que la gomosidad y masticación tienen valor medio debido al contenido de harina de arroz integral precocido.



Fuente: (Autores)

Figura 10. Analisis sensorial descriptivo de la mezcla 2

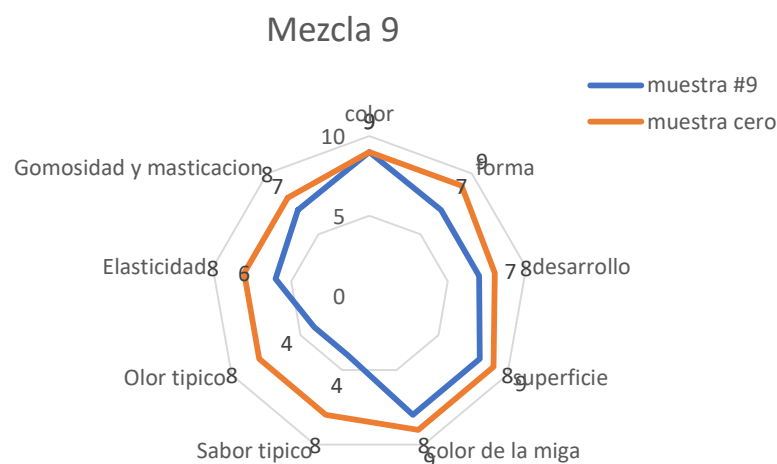
Como se puede apreciar en la *figura 11* el pan de la mezcla se caracterizó por los descriptores relevantes como el color característico del pan de trigo, una forma redonda con un boleado casi perfecto, un desarrollo por encima de la mitad de lo normal, una superficie aceptable con pocas imperfecciones, tiene un buen color de la miga, olor y un sabor que se encuentran en un rango medio entre típico y atípico, contiene poca elasticidad debido al contenido de harina de quinoa y harina de arroz integral precocido, además que la gomosidad y masticación se encuentra por encima de la muestra cero debido al porcentaje de sustitución de las harinas que conlleva a que esta muestra requiera mayor tiempo masticación por lo que es más gomosa debido a que la quinoa tiene alto contenido de almidón.



Fuente: (autores)

Figura 11. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla #4

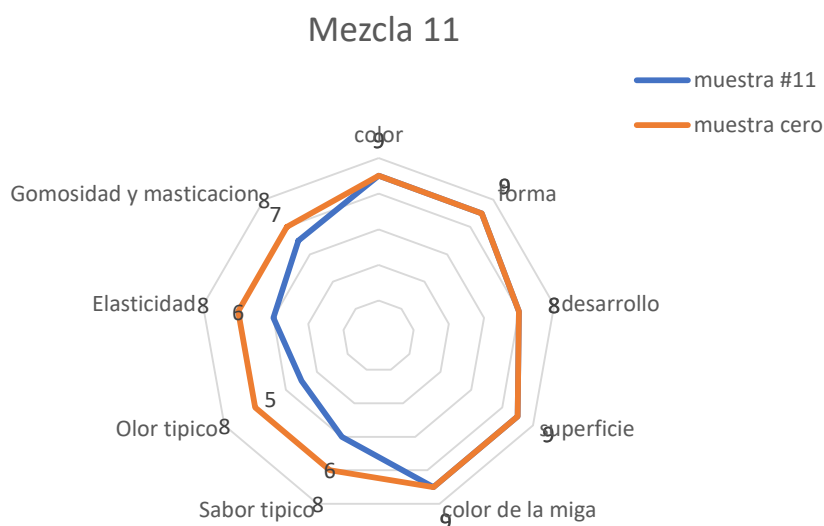
La mezcla nueve, en la *figura 12* se caracterizó por los descriptores relevantes como el color igual que la muestra cero, una forma redonda con un boleado casi perfecto, un desarrollo por encima de la totalidad de un pan normal, una superficie aceptable con pocas imperfecciones, el color de la miga se encuentra en un valor aceptable, sabor que se encuentra en valor neutral, el olor se encuentra en un rango medio entre típico y atípico, contiene poca elasticidad moderada, además que la gomosidad y masticación tienen valor por encima de la mitad debido al contenido de harina de quinoa.



Fuente: (Autores)

Figura 12. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla 9

Las características externas del pan de la mezcla 11 en la *figura 13* se consideraron por los expertos muy parecidas a las del pan tradicional, su sabor y su olor están medianamente alejados de lo típico, presenta menor elasticidad que un pan 100% trigo, y su deglución puede tornarse un poco tardía.



Fuente: (Autores)

Figura 13. Análisis sensorial descriptivo de la mezcla 11

Como se puede evidenciar la mezcla 11 presenta más parecido a la muestra control que contiene 100% trigo.

4.5.3 Análisis sensorial efectivo

Se realizó una prueba piloto empleando el método de Witting de Penna (Wittig, 2001) en el cual se puede evaluar considerando 30 catadores no expertos a los cuales se les presentó una escala de sabores entre 1 y 9 siendo 1 me disgusta extremadamente, 2 me disgusta mucho, 3 me disgusta moderadamente, 4 me disgusta levemente, 5 no me gusta ni me disgusta, 6 me gusta levemente, 7 me gusta moderadamente, 8 me gusta mucho, y 9 me gusta extremadamente conforme la evaluación sensorial afectiva de (Zamora, 2007).

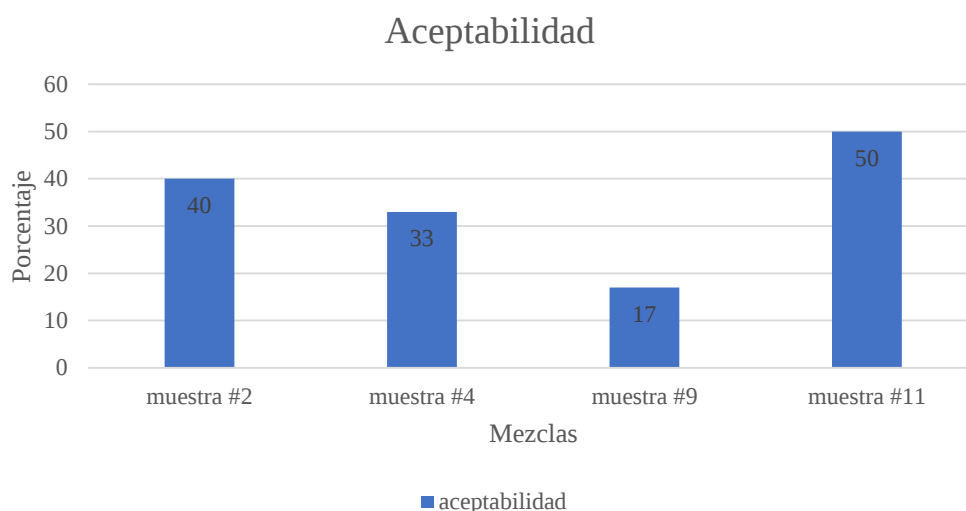
Tabla 20. Análisis sensorial efectivo

Consumidor	Mezcla4 sabor	Mezcla 2 sabor	Mezcla 9 sabor	Muestra 11 sabor
1	8	9	9	9
2	6	8	8	8
3	6	7	7	8
4	8	5	9	7
5	5	8	7	8
6	8	9	7	9
7	6	7	9	8
8	5	9	9	9
9	8	4	9	9
10	6	8	9	8
11	5	8	7	8
12	8	7	7	6
13	9	9	9	9
14	7	7	7	9
15	6	8	9	8
16	4	4	6	9
17	8	3	8	8
18	4	7	9	5
19	6	1	7	8
20	8	8	6	9
21	5	1	5	9
22	6	5	8	7
23	7	8	8	5
24	8	8	7	8
25	5	8	7	8
26	5	8	9	8
27	8	7	7	7
28	7	8	7	8
29	8	6	7	8
30	9	8	8	8
SUMATORIA	33	37	43	43
MEDIA	6,50	8,00	7,50	8,25
DESVIACION	1,47	2,207875142	1,118804781	1,080655399

Fuente: (Autores)

M4 (70,00 Trigo,18,21% Quinoa, 11,78 Arroz integral); M2 (74,37 Trigo,20,00% Quinoa, 5,625 Arroz integral); M9 (79,08 Trigo,13,79% Quinoa, 7,11 Arroz integral); M11(70,00 Trigo,12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)

Estos resultados gráficamente presentan la *figura 14* donde se puede observar que la mezcla 11 tiene mayor aceptabilidad



Fuente: (Autores)

Figura 14. Resultado del análisis sensorial de las muestras finales.

El análisis estadístico se lo realizo con la escala de sabores (numero 8 me gusta mucho) la cual dio como resultado un 50% de aceptación para la muestra 11 y mediante el programa Design Expert encontró como solución numérica que la muestra 11 era la que más probabilidades tenía para ser seleccionada por el contenido de proteína, el CRA. El perfil descriptivo cuantitativo con jueces entrenados permitió observar que esta muestra es la más parecida a la del pan con 100% trigo

4.5.3.1.1 Características reológicas de la mezcla seleccionada: Mixolab

Mediante esta prueba se va a evaluar el comportamiento de las mezclas en el momento que va a ser elaborado el pan, todas estas pruebas fueron realizadas por duplicado.

Tabla 21. Promedio de los datos de reología en Mixolab

Curva			Tiempo (min)		Par (Nm)	Temp. Masa
Control: 100% HT	Humedad %	13,4	C1	8.50	1.12	31.70
			C2	17.22	0.42	59.60
			C3	23.59	1.53	83.70
			C4	31.95	1.21	85.10
			C5	45.02	3.44	55.50
M2	Humedad %	13,8	C1	7.59	1.12	31.50
			C2	16.62	0.43	57.25
			C3	23.11	1.47	82.00
			C4	31.80	1.13	85.35
			C5	45	1.54	55.65

M4	Humedad %	12,5	C1	6.42	1.06	31.20
			C2	16.64	0.31	57.05
			C3	23.29	1.30	82.15
			C4	31.84	0.95	84.75
			C5	45.00	1.32	55.20
M9	Humedad %	11,0	C1	7.25	1.11	31.00
			C2	32.60	0.36	56.00
			C3	23.02	1.40	81.10
			C4	31.80	0.98	85.05
			C5	44.99	1.34	55.30
M11	Humedad %	11,2	C1	8.20	1.09	31.65
			C2	16.43	0.36	57.00
			C3	22.60	1.46	80.15
			C4	32.26	1.06	84.30
			C5	45	1.42	55.70

Fuente: (Autores)

M4 (70,00 Trigo,18,21% Quinoa, 11,78 Arroz integral); M2 (74,37 Trigo,20,00% Quinoa, 5,625 Arroz integral); M9 (79,08 Trigo,13,79% Quinoa, 7,11 Arroz integral); M11(70,00 Trigo,12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)

El siguiente análisis se realizará a cada fase de amasado conforme los datos planteados en la *tabla 21* para cada muestra y comparándolas con la muestra control (100% harina de trigo).

Desarrollo de la masa (C1)

La primera fase hace referencia al tiempo de realización de la masa, el programa evalúa la cantidad necesaria de agua para alcanzar un par de 1.1 Nm, en esta etapa se da la formación de las redes de gluten. Las muestras: control, M2, M4, M9 y M11, alcanzan pares de 1.12, 1,12, 1.06, 1.11 y 1.09 respectivamente, significando que la muestra control, M2 y M9 se desarrollaron con mayor facilidad que las demás, siendo las M4 y M11 las que no alcanzaron un desarrollo completo.(Rodríguez, Lascano, & Sandoval, 2012) acotan que la harina de quinua incrementa el tiempo necesario para una completa hidratación, esto se corrobora con los valores de M2 (20% quinua, 5.63% arroz integral precocido y 82.82% trigo) y M9 (13.79% quinoa, 7.11% arroz integral precocido y 79.08% trigo).

Debilitamiento de las proteínas (C2)

Cuando la temperatura aumenta aproximadamente a 60°C se inicia el debilitamiento de las proteínas, (Rodríguez, Lascano, & Sandoval, 2012) concuerdan con la literatura que los valores de C2 deberían estar entre 0.26 y 0.47 N.m. Los datos más altos los presentan

las muestras control (0.42) y M2 (0.43), según (Chopin Technologies, 2015) valores inferiores a 0.5 Nm es signo de panes voluminosos y tenacidad adecuada, mientras que los superiores 0.6 Nm contienen elevada tenacidad y por ende un pan con poco volumen.

Gelatinización del almidón (C3)

En esta etapa según (Chopin Technologies, 2018) hay una competencia entre la gelatinización del almidón que aumenta la viscosidad de la masa y la degradación de la masa que a su vez reduce la viscosidad. El alto valor de la muestra control (1.53) se debe a la calidad del almidón ya que entre más baja sea su actividad amilásica más elevado será su valor de C3 (Chopin Technologies, 2012), entre las muestras seleccionadas es la M2 y M11 que presentan valores de 1.47 y 1.46 Nm, significando que de ellas se obtendrá un pan de buen volumen y miga poco pegajosa.

Actividad de amilasa (C4)

Para el minuto 30 la temperatura aumenta más allá de los 80°C, el gluten ya pierde su capacidad de crear enlaces internos cuando la masa está en reposo (se ha desnaturalizado) (Chopin Technologies, 2012), ellos también informan que cuanto mayor es la diferencia entre C3 y C4 la actividad amilásica será mayor. Todas las muestras analizadas presentan dicha diferencia, en mayor cantidad la M9 (0.98) atribuyéndose a la fibra (Arias T. , 2015) por su alto contenido en sustitución de arroz integral precocido, sin embargo, (Chopin Technologies, 2012) acotan que panes con bajos valores de C4 son de bajo volumen y miga blanda y pegajosa.

Retrogradación del almidón (C5)

Se considera según (Chopin Technologies, 2018) que el aumento del par entre C4 y C5 es un excelente indicador de la velocidad de asentado del producto final, es decir que, entre mayor sea el aumento entre C4 y C5 lo será también el índice de retrogradación, el pan tardará menos en ponerse rancio. Es la muestra control de con 3.44 Nm la que representa poco tiempo de vida útil en pan y las M9 y M11 las que más vida útil tendrían.

4.5.4 Determinación de pH y Acidez titulable

Análisis de acidez titulable y pH en harinas, masas y pan.

Tabla 22. Determinación de pH y Acidez titulable

Porcentaje de sustitución	Harina		Masas		Pan	
	pH	%Acidez	pH	% Acidez	pH	%Acidez
M4 (70,00 Trigo,18,21% Quinoa, 11,78 Arroz integral);	6.7	0.61	6.7	0.55	6.8	0.18
M2 (74,37 Trigo,20,00% Quinoa, 5,625 Arroz integral);	6.7	0.42	6.8	0.36	6.8	0.21
M9 (79,08 Trigo,13,79% Quinoa, 7,11 Arroz integral)	6.7	0.56	6.7	0.38	6.8	0.24
M11 (70,00 Trigo,12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)	6.7	0.41	7.0	0.31	6.8	0.19
Harina de Quinoa cruda:	5.58±0.07	0.3±0.05 (Montúfar, 2015)				
Harina de trigo:	5.8±0.04	0.12 (Arias & Vallejo, 2020)				
Harina arroz integral crudo:	6.4±0.09	0.14±0.05 (Arias & Vallejo, 2020)				

Fuente: (Autores)

Las diferentes formulaciones en sus distintas etapas se encuentran en el grupo de alimentos de baja acidez (pH 5.0- 6.8). La norma (NTE INEN 2945, 2016) dice que el máximo de pH es de 7.0 para pan especial, sin embargo, las harinas no cumplen con lo establecido en la norma (NTE INEN 616, 2015) de 0.3% máximo de acidez. Conforme a la normativa vigente para harinas y pan común, la acidez en la tabla 31 es un valor que se encuentra por debajo del rango, que se justifica por la aplicación del método esponja que prolonga el tiempo de fermentación.

La muestra 4 presenta un valor constante en el pH, pero la acidez de 0.61 en el proceso de amasado bajo a 0.55 y al final en la panificación este continuó disminuyendo significativamente hasta llegar a 0.18.

En la muestra 2 los valores de pH tampoco variaron, por su parte la acidez expresada en % de ácido sulfúrico, en panificación al igual de la anterior muestra, esta disminuyo.

Fue la muestra 9 que tuvo la mayor disminución de acidez en la etapa de amasado con 0.38% después de las harinas con 0.56%, esto hasta llegar finalmente a una acidez de 0.24 en el pan.

Finalmente, la muestra 11 al igual de las demás formulaciones presenta decremento en su porcentaje de acidez conforme el proceso de panificación avanza, (Chagman, Zapata, & Huamán, 2010) expresan que la acidez en las masas favorece la formación de gluten, es decir que la masa será más elástica, al igual que inhibe el desarrollo de microorganismos.

4.5.5 Análisis reológico de la muestra seleccionada: alveógrafo

Mediante este análisis se va determinar si la mezcla de harinas es óptima para llevar a cabo el proceso de panificación.

4.5.5.1 Alveógrafo

Tabla 23. Análisis del alveógrafo.

		Muestra blanco	Muestra 11
Temperatura	Agua	19.7°C	19.7°C
	Amasadora	24.1°C	24.1°C
	Cámara de reposo	25°C	25°C
	Cámara de álveo	20°C	20°C
Parámetro	Higrometría	62%	60%
	Humedad	13.4%	11.2%
	Hidratación	50%	50%
	Base de hidratación	B15% H2O	B15% H21
	Cantidad de agua	132.06 ml	141.76 ml
	Peso de harina	250 g	250 g
Resultados estándar	Tenacidad (p)	130 mm H2O	136 mm H2O
	Extensibilidad (L)	65 mm	26 mm
	G	17.9	11.3
	Fuerza panadera (W)	328 10-4J	300 10-4J
	Configuración de la curva (p/L)	2	5.23
	Índice de elasticidad (Ie)	60.1%	20%

Fuente: Alveógrafo

En la *tabla 23* se muestran los resultados del alveógrafo en el cual registran las capacidades reológicas del proceso de panificación, la muestra blanco y la muestra once se trabajaron por duplicado a las mismas temperaturas, entre los parámetros que se miden durante la preparación de las harinas previo al análisis están: higrometría (porcentaje de humedad atmosférica) la muestra 11 con un 2% menos de humedad atmosférica que se tomó previo colocar al equipo, humedad de las harinas fueron de 13.4% y 11.2% respectivamente observando que la muestra 11 tiene menor contenido de humedad que la blanca, la base de hidratación es la determinación del porcentaje de agua que se va necesitar para la misma lo cual tenemos que la muestra 11 va necesitar un 1% debido a que contiene harina de arroz integral precocido y esta necesitar mayor cantidad de agua para hidratarse, la cantidad de agua requerida en la muestra 11 va ser mayor debido a que contiene otras 2 harinas que debido al contenido de fibra y proteínas mayor que la muestra blanca esta va necesitar mayor contenido de agua.

Tenacidad (p) es la capacidad que tiene la masa de resistirse a la deformación, como se puede apreciar la muestra 11 va tener una mayor resistencia a deformarse debido a que contiene mayor cantidad de proteínas, ceniza y fibra, la extensibilidad (L) que es la capacidad que tiene la masa para expandirse y a su vez se expandirá más la gráfica a partir de este valor leído en la misma se calcula el valor real de la extensibilidad que es $G = 2,226 \sqrt{L}$, por tanto la muestra blanca tendrá mayor extensibilidad, fuerza panadera (W) es la fuerza y resistencia que tiene la masa al momento de panificar esto va depender de las interacciones de las proteínas, almidón y enzimas, como se puede observar la harina de trigo tiene mejor interacción entre sus componente (no se disminuyen los anti nutrientes) y tendrá mayor fuerza panadera y la mezcla 11 tiene menor fuerza panadera debido sustitución de las harinas pero se encuentra en el rango óptimo para panificación, configuración de la curva (p/L) es la diferencia de la tenacidad/extensibilidad estos nos dice la estabilidad que va tener la masa durante el proceso con un 2% la mezcla blanca y un 5% la mezcla 11 en cual entra en el rango de esponjoso-suave y en el índice de elasticidad (Ie) que es la capacidad que va tener la masa de volver a su estado normal cuando se le interrumpe su proceso de leudado por ende la masa con sustitución de harinas una vez empezado proceso leudado no se la puede tocar ni dejar corrientes de aire para evitar deformaciones debido a que tiene solo un 20% de porcentaje que regrese a su

estado original mientras que la muestra blanca tiene un 50% de regresar al estado normal debido a que contiene mayor cantidad de almidón.

4.5.5.2 Análisis físico- químico de la formula final

Tabla 24. Análisis físico- químico de la formula final

Indicador	M11 (Valor promedio)	Pan control
Fibra dietética (%)	5.06	2.8
Proteínas (%)	13.21	10.2
Grasas (%)	13.55	6.5
Humedad (%)	6.10	11.5
Cenizas (%)	2.03	3.0
Acidez titulable (%)	0.19	0.01
Carbohidratos (%)	65.11	68.80
pH	6.8	7.0
DRI	-	-

Fuente: (Autores)

M11(70,00 Trigo,12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)

La composición nutricional se evalúa comparando con el pan control (100% trigo), se puede observar que los requerimientos nutricionales del producto son mejores que los obtenidos en el pan de trigo.

Se puede observar que el consumo de una porción de 250 g de pan da un buen aporte de proteínas y fibra necesaria diaria, el aporte en grasa es alto, pero está constituida principalmente con ácidos grasos polinsaturados como son el linoleico, linolénico. (FAO: Cultivos Andinos version 1.0, 2001)

4.5.5.3 Análisis microbiológicos de formula final

El control microbiológico nos permite conocer el número total de microorganismos patógenos presentes en el producto que luego puedan causar la calidad del pan y la salud del consumidor.

Tabla 25. Análisis microbiológicos de la formula final

Resultado de los ensayos		
Ensayos	Resultados	Unidad
Aerobios mesófilos	<10	UFC/g
Mohos	<10	UPm/g
Levaduras	<10	UFC/g
Escherichia Coli	<10	UFC/g
<10 Es igual a Ausencia.		

Fuente: (Autores)
M11(70,00 Trigo,12,75% Quinoa, 17,24 Arroz integral)

La norma (NTE INEN 616, 2015) establece el control microbiológico de mohos y levaduras de 1×10^4 como límite de rechazo <10 para E. coli. La fórmula de pan analizada cumple con la normativa vigente, presenta ausencia de agentes microbianos que puedan afectar su calidad, o ser un riesgo para la salud del consumidor.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- En el diseño de mezclas a través de Design expert se obtuvieron 11 formulaciones con distintos porcentajes de sustitución, los análisis fisicoquímicos arrojaron que el porcentaje de proteínas y grasas aumentó respecto a lo encontrado en la harina de trigo, mientras que los valores de la capacidad de retención de agua y volumen de hinchamiento están comprendidos en los rangos para harina de trigo. En la panificación inicial se observó el leudado del pan.
- El análisis de varianza (anova) realizado por el Software de Design Expert para las proteínas, capacidad de retención de agua y volumen de hinchamiento reflejó que el valor de una de las muestras es significativo, resultando una ecuación lineal que representan la solución numérica del programa para cada parámetro con excepción del volumen de hinchamiento mismo que no consta con valores representativos. Detonando que la muestra seleccionada es la formulación 11, mediante observación se seleccionaron tres formulaciones adicionales por su alto porcentaje de proteínas. La determinación del volumen específico del pan indicó que únicamente la muestra 11 tiene una diferencia menor al 1% que la muestra control (100% harina de trigo). La diferencia entre las mezclas seleccionadas y la muestra control en el tamaño promedio de alveolos supera el 70% debido a la baja hidratación de la masa consecuencia de la fibra presente en las harinas de origen vegetal.
- A través de los análisis sensoriales de las cuatro formulaciones escogidas el análisis descriptivo cuantitativo determinó que la formulación 11 es la que más similitud presenta con la muestra control en comparación con las demás. Los datos obtenidos del análisis sensorial efectivo se analizaron en el software statgraphics demostrando que los ejemplares 2 y 11 constan con valores muy cercanos de aceptabilidad, por lo que la selección se llevó a cabo con los datos obtenidos en el análisis descriptivo cuantitativo y corroborándolos con la muestra significativa presentada en el análisis de varianza anova en Design Expert, concluyendo que la

formulación final es la muestra 11 con 12,76% Harina de Quinoa 17,24% Harina de Arroz 70,00% Harina de trigo.

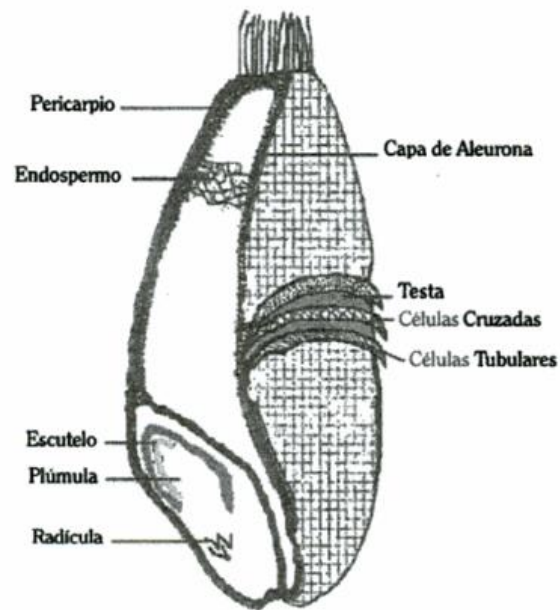
- Concluimos que la muestra seleccionada contiene mayor porcentaje de fibra dietaria, proteínas y grasas en contraste con la muestra blanco, el control microbiológico demostró ausencia de microorganismo perjudiciales y el análisis reológico mediante alveógrafo evaluó que, los parámetros de la masa se encuentran comprendidos en los rangos óptimos para la elaboración de un pan, mientras que el análisis de las características reológicas en mixolab arrojaron que la formulación 11 es una masa que, presenta un buen volumen y tenacidad además se conseguirá un pan de miga suave y esponjosa. Sin embargo, se pronostica una corta vida útil del pan.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere no aumentar más de un 30% el porcentaje de sustitución de harina de arroz integral precocido y harina de quinoa debido a que, a mayor porcentaje de sustitución, el pan va tener una tendencia de deformación en el proceso de leudado por las interacciones de las proteínas y alto contenido de fibra.
- Es recomendable incrementar las variables de estudio de las características reológicas de los almidones y así analizar de manera exhaustiva el comportamiento de las harinas. En la panificación se aconseja el uso de mejoradores químicos para obtener un mejor amasado y leudado, además de una corteza crujiente y prolongar el tiempo de vida útil del pan.
- Se aconseja aumentar el número de catadores para las pruebas sensoriales para tener mayor control de la aceptabilidad del producto ya que estas harinas tienen sabores fuertes y característicos de su especie que no resultan 100% agradables para todos los consumidores.
- Procurar realizar la determinación de características reológicas, fisicoquímicas y microbiológicas por duplicado para la verificación de datos.

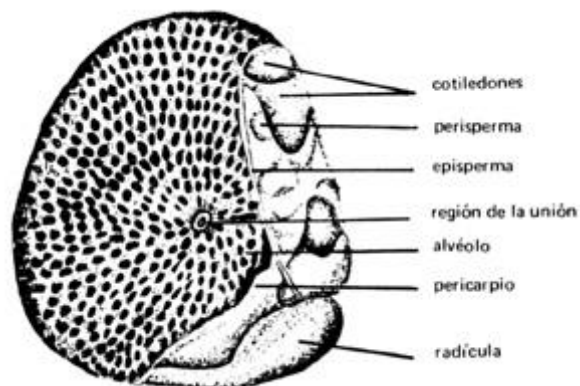
ANEXOS

Anexo 1



Fuente: (Ospina, 2001)
Anatomía del grano de arroz

Anexo 2



Fuente: (Tapia, 2000)
Anatomía del grano de quinua

ANEXO A: Caculos

Base calculado 1 Kg

Etapas de elaboración de la esponja:

Entrada “A”:

Entrada

Harina de trigo (30% de la total)	210 gr	<i>Harina de trigo:</i> $210\text{gr}/337\text{gr} * 100 = 62.31\%$
Levadura	1 g	<i>Levadura:</i> $\frac{1\text{gr}}{337\text{gr}} * 100 = 0.30\%$
Agua	126 gr	<i>levadura:</i> $126\text{ gr}/3337\text{gr}*100=37.4\%$

Entrada de A = Harina de trigo(30% de la total + levadura + agua
entrada de A = 210gr + 1gr + 126gr = 337gr

Merma “C”

Merma= peso del recipiente con la merma – peso del recipiente vacío

Merma = 115gr – 100gr

Merma = 15 gr

*Harina de trigo = 62.31% * 15gr = 935gr*

*Levadura = 0.30% * 15gr = 0.045gr*

*Agua = 37.4% * 15gr = 5.61gr*

Salida “B”

*Harina de trigo = 62.31% * 322gr = 201gr*

A=B+C

*Agua = 37.4% * 322gr = 120.42gr*

B=A-C

*levadura = 0.30% * 322gr = 0.96gr*

B=337gr-15gr

B=322gr

Etapas de amasado – sobado

Entrada “A” = (1864.4gr)

Harina de trigo: $\frac{490\text{gr}}{1864.4\text{gr}} * 100\% = 26.28\%$

Harina de Quinoa : $\frac{127.4\text{gr}}{1864.4\text{gr}} * 100\% = 6.833\%$

Harina de Arroz integral precocido: $\frac{172.4\text{gr}}{1864.4\text{gr}} * 100\% = 9.25$

Grasa: $\frac{394.9\text{gr}}{1864.4\text{gr}} * 100\% = 21.18\%$

Agua: $\frac{197.47\text{gr}}{1864.4\text{gr}} * 100\% = 10.58\%$

$$\text{azucar: } \frac{49.8gr}{1864.4gr} * 100\% = 2.67\%$$

$$\text{SAL: } \frac{15gr}{1864.4gr} * 100\% = 0.80\%$$

$$\text{Huevo: } \frac{407.5gr}{1864.4gr} * 100\% = 21.85\%$$

$$\text{Mejorador: } \frac{10gr}{1864.4} * 100\% = 0.54\%$$

ENTRADA DE B (SALIDA DE LA ESPONJA) 322gr

SALIDA DEL AMASADO “C” (1850.2)

$$\text{Harina de trigo: } 31.60\% * 1850.2gr = 584.66gr$$

$$\text{Harina de Quinoa: } 5.83\% * 1850.2gr = 107.86gr$$

$$\text{Harina de Arroz Integral: } 7.88\% * 1850.2gr = 145.79gr$$

$$\text{Grasa: } 18.06\% * 1850.2gr = 334.14gr$$

$$\text{Agua: } 14.53\% * 1850.2gr = 268.83gr$$

$$\text{Huevo: } 18.63\% * 1850.2gr = 344.69gr$$

$$\text{Azucar: } 2.28\% * 1850.2gr = 42.18gr$$

$$\text{Sal: } 0.68\% * 1850.2gr = 12.58gr$$

$$\text{Mejorador: } 0.46\% * 1850.2gr = 8.51gr$$

MERMA “D”

$$A + B = C + D$$

$$A + B - C = D$$

$$D = 1864.4gr + 322gr - 1850.2gr$$

$$\mathbf{D = 336.2gr}$$

MERMA “336.2gr”

$$\text{Harina de trigo: } 31.60\% * 336.2gr = 106.23gr$$

$$\text{Harina de Quinoa: } 5.83\% * 336.2gr = 19.60gr$$

$$\text{Harina de Arroz Integral: } 7.88\% * 336.2gr = 26.49gr$$

$$\text{Grasa: } 18.06\% * 336.2gr = 60.71gr$$

$$\text{Agua: } 14.53\% * 336.2gr = 48.84gr$$

$$\text{Huevo: } 18.63\% * 336.2gr = 62.63gr$$

$$\text{Azucar: } 2.28\% * 336.2gr = 7.67gr$$

$$\text{Sal: } 0.68\% * 336.2gr = 2.28gr$$

$$\text{Mejorador: } 0.46\% * 336.2gr = 1.55gr$$

Entrada total en la etapa de amasado

$$\text{Entrada total} = \text{Entrada A} + \text{Entrada B}$$

$$\text{Entrada total} = 1864.4\text{gr} + 322\text{gr}$$

$$\text{Entrada total} = 2186.4\text{gr} \quad (\text{ingresa al amasado})$$

ENTRADA TOTAL DE LA MATERIA PRIMA AL AMASADO

$$\text{Harina de trigo: } \frac{\text{Harina de trigo(amasado)} + \text{Harina de trigo(esponja)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Harina de trigo: } \frac{490\text{gr} + 201\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 31.60\%$$

$$\text{Harina de Quinoa: } \frac{\text{Harina de Quinoa(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Harina de Quinoa: } \frac{127.4\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 5.826\%$$

$$\text{Harina de Arroz Integral: } \frac{\text{Harina de Arroz integral(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Harina de Arroz Integral: } \frac{172.4\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 7.88\%$$

$$\text{Grasa: } \frac{\text{Grasa(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Grasa: } \frac{394.9\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 18.06\%$$

$$\text{Huevo: } \frac{\text{Huevo(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Huevo: } \frac{407.5\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 18.63\%$$

$$\text{Agua(leche): } \frac{\text{Agua (metodo esponja)} * \text{Agua o leche (amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Agua(leche): } \frac{197.4\text{gr} + 120.42\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 14.53\%$$

$$\text{Azucar: } \frac{\text{Azucar(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Azucar: } \frac{49.8\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 2.28\text{gr}$$

$$\text{Sal: } \frac{\text{Sal(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Sal: } \frac{15\text{gr}}{2186.4\text{gr}} * 100 = 0.68\%$$

$$\text{Mejorador: } \frac{\text{Mejorador(amasado)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Mejorador} : \frac{10gr}{2186.4gr} * 100 = 0.46\%$$

$$\text{Levadura} : \frac{\text{Levadura(espomja)}}{\text{Entrada total}} * 100$$

$$\text{Levadura} : \frac{0.97gr}{2186.4gr} * 100 = 0.04\%$$

ETAPA DE BOLEADO

Entrada “A” todo mezclado y amasado (1850.2gr)

SALIDA” B”

37 panes de 50 gramos

MERMA

$$A = B + C$$

$$C = A - B$$

$$C = 1850.2 - 1850$$

$$C = 0.2$$

MERMA TOTAL EN TODO EL PROCESO

merma total = residuo esponja + residuo amasado + residuo del boleado

$$\text{merma total} = 15gr + 336.2gr + 0.2gr$$

$$\text{merma total} = 351.4gr$$

Lo que corresponde en %

$$\text{Esponja} = \frac{\text{residuode la esponja}}{\text{residuo total}} * 100$$

$$\text{Amasado} = \frac{\text{residuode la amasado}}{\text{residuo total}} * 100$$

$$\text{Boleado} = \frac{\text{residuode la boleado}}{\text{residuo total}} * 100$$

$$\text{Esponja} = \frac{15gr}{351.4gr} * 100 = 4.26\%$$

$$\text{Amasado} = \frac{336.2gr}{351.4gr} * 100 = 95.7gr$$

$$\text{Boleado} = \frac{0.2gr}{351.4gr} * 100 = 0.06gr$$

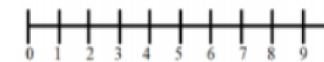
ANEXO B: Evaluaciones sensoriales***Evaluación de la escala sensorial*****EVALUACIÓN SENSORIAL AFECTIVA****SEXO:** F ☐ ☐**EDAD:****FECHA:****MUESTRA:****NOMBRE DEL PRODUCTO:** pan por la sustitución parcial de harina de trigo con harina de arroz integral precocido y harina de quinoa.

Frente a usted hay cuatro muestras codificadas de pan sustituido parcialmente la harina de trigo con harina de quinoa y con harina de arroz integral precocido en distintas proporciones para cada muestra. Las cuales debe probar una a la vez y marcar con una X su juicio pertinente para cada muestra.

ESCALA		
9	Me gusta extremadamente	
8	Me gusta mucho	
7	Me gusta moderadamente	
6	Me gusta levemente	
5	No me gusta ni me disgusta	
4	Me disgusta levemente	
3	Me disgusta moderadamente	
2	Me disgusta mucho	
1	Me disgusta extremadamente	

Comentarios:

PERFIL DESCRIPTIVO CUANTITATIVO

FECHA:			EDAD:		
MUESTRA:					
Frente a usted hay cuatro muestras de pan con harinas sucedáneas, usted debe probar y evaluar de acuerdo a cada uno de los atributos mencionados.					
CARACTERÍSTICA	ESCALA		ATRIBUTO		
Aspecto externo			Color: 0=opaco 10=típico		
			Forma: 0=atípico 10=típica		
			Desarrollo: 0=disminución 10= incremento		
			Superficie: 0=inconsistente 10=compacto		
Aspecto al corte			Color de la Miga 0= opaco 10= típico		
Sabor			Sabor típico: 0= típico 10= atípico		
Olor			Olor típico: 0= típico 10=atípico		
Textura			Elasticidad: 0= muy poco elástico conservan su forma 10=apreciable/ muy flexible		
			Gomosidad y Masticación: 0=baja 10=alta		
Comentarios:					

ANEXO C: Evidencias
Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

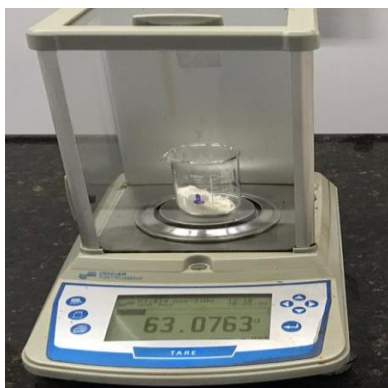


Figura 15. Peso de muestras



Figura 16. Determinación de ceniza

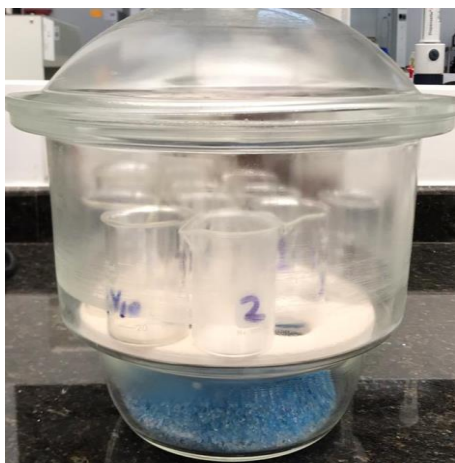


Figura 17. Determinación de humedad



Figura 18. Determinación de proteínas



Figura 19. Mezcla de harina de las 11 muestras

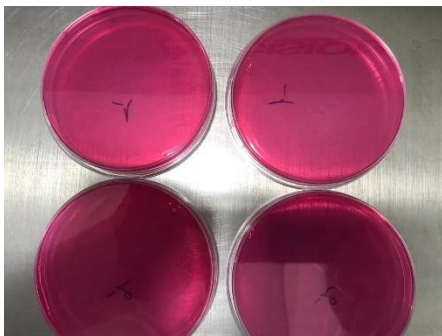


Figura 20. Análisis de E. coli

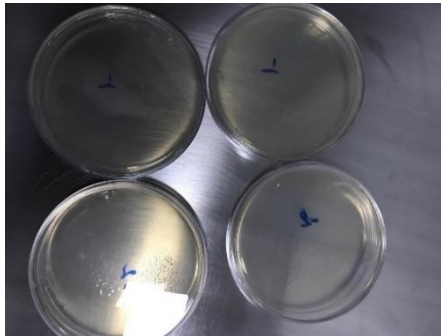


Figura 21. Análisis de coliformes fecales

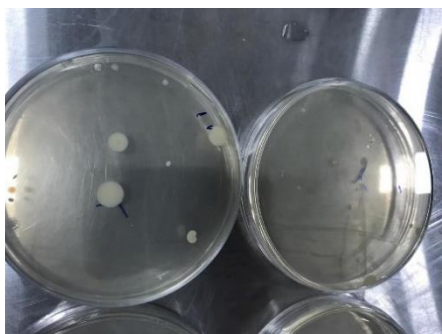


Figura 22. Muestra blanco de coliformes fecales

Análisis de volumen



Figura 23. Análisis de volumen específico del pan



Figura 24. Lectura del volumen del pan

Análisis de pH



Figura 25. Solución NaOH y pH-metro



Figura 26. Muestras de acidez titulable



Figura 27. Lectura del pH



Figura 28. Titulación

Panificación

Proceso de elaboración del pan



Figura 29. Elaboración de la esponja



Figura 30. Pesado mezclado de materias primas



Figura 31. Unión de la esponja con la masa



Figura 32. Leudado



Figura 33. Pesaje de masa



Figura 34. Boleado



Figura 35. Segunda fermentación



Figura 36. Horneado



Figura 37. Muestra 1



Figura 38. Muestra 2



Figura 39. Muestra 3



Figura 40. Muestra 4



Figura 41. Muestra 5



Figura 42. Muestra 6



Figura 43. Muestra 7



Figura 44. Muestra 8



Figura 45. Muestra 9



Figura 46. Muestra 10



Figura 47. Muestra 11

Determinación del ancho y largo de las muestras

Muestra 1		
Método esponja-mejorador		
Medidas (mm). Ancho: 76.6 Alto: 24,1		

Panificación muestra 1 método directo y esponja-mejorador

Muestra 2		
Método esponja-mejorador		
Medidas (mm). Ancho: 65.2 Alto: 29.2		

Panificación muestra 2 método directo y esponja-mejorador

Muestra 3		
Método esponja-mejorador Medidas (mm). Ancho: 72.4 Alto: 33.10		

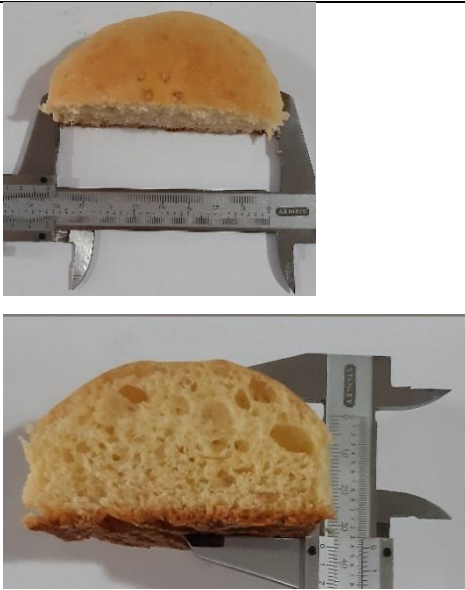
Panificación muestra 3 método directo y esponja-mejorador

Muestra 4		
Método esponja-mejorador Medidas (mm). Ancho: 74.0 Alto: 25.0		

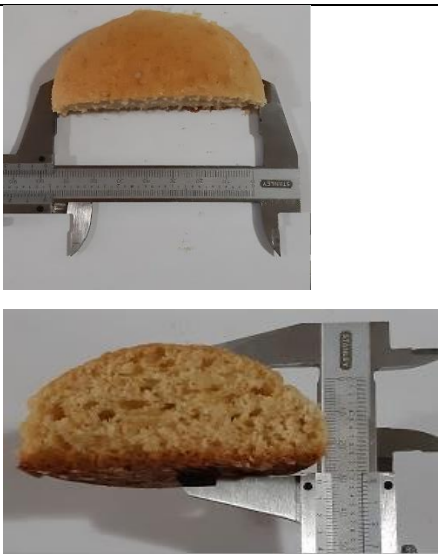
Panificación muestra 4 método directo y esponja-mejorador

Muestra 5		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 74.3 Alto: 30.0		

Panificación muestra 5 método directo y esponja-mejorador

Muestra 6		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 83.3 Alto: 36.1		

Panificación muestra 6 método directo y esponja-mejorador

Muestra 7		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 78.0 Alto: 31.4		

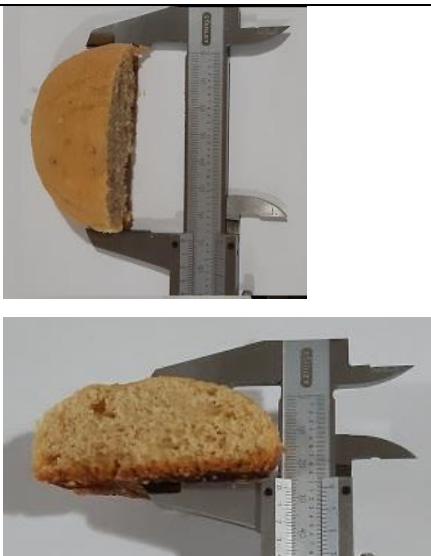
Panificación muestra 7 método directo y esponja-mejorador

Muestra 8		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 75.5 Alto: 25.3		

Panificación muestra 8 método directo y esponja-mejorador

Muestra 9		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 72.4 Alto: 29.8		

Panificación muestra 9 método directo y esponja-mejorador

Muestra 10		
Método esponja- mejorador Medidas (mm). Ancho: 69.6 Alto: 27.5		

Panificación muestra 10 método directo y esponja-mejorador

Muestra 11		
Método esponja- mejorador		
Medidas (mm). Ancho: 84.0 Alto: 23.3		

Panificación muestra 11 método directo y esponja-mejorador

ANEXO D: Análisis realizados en laboratorios Mixolab

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - BLANCO (R)

Fecha : 29/09/2020 Hora : 09:24

Muestra :

Hydration : 62,0 % base 14% (b14)

Contenido de 13,40 %

Indice: 8-52-434

Protocolo : Chopin+

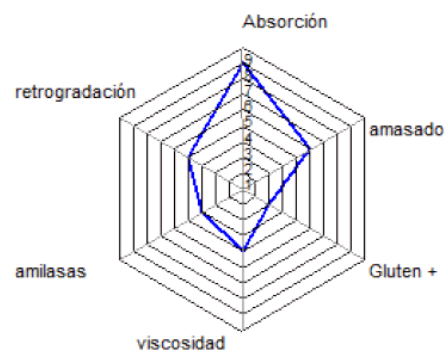
Peso de la masa : 75,0 g

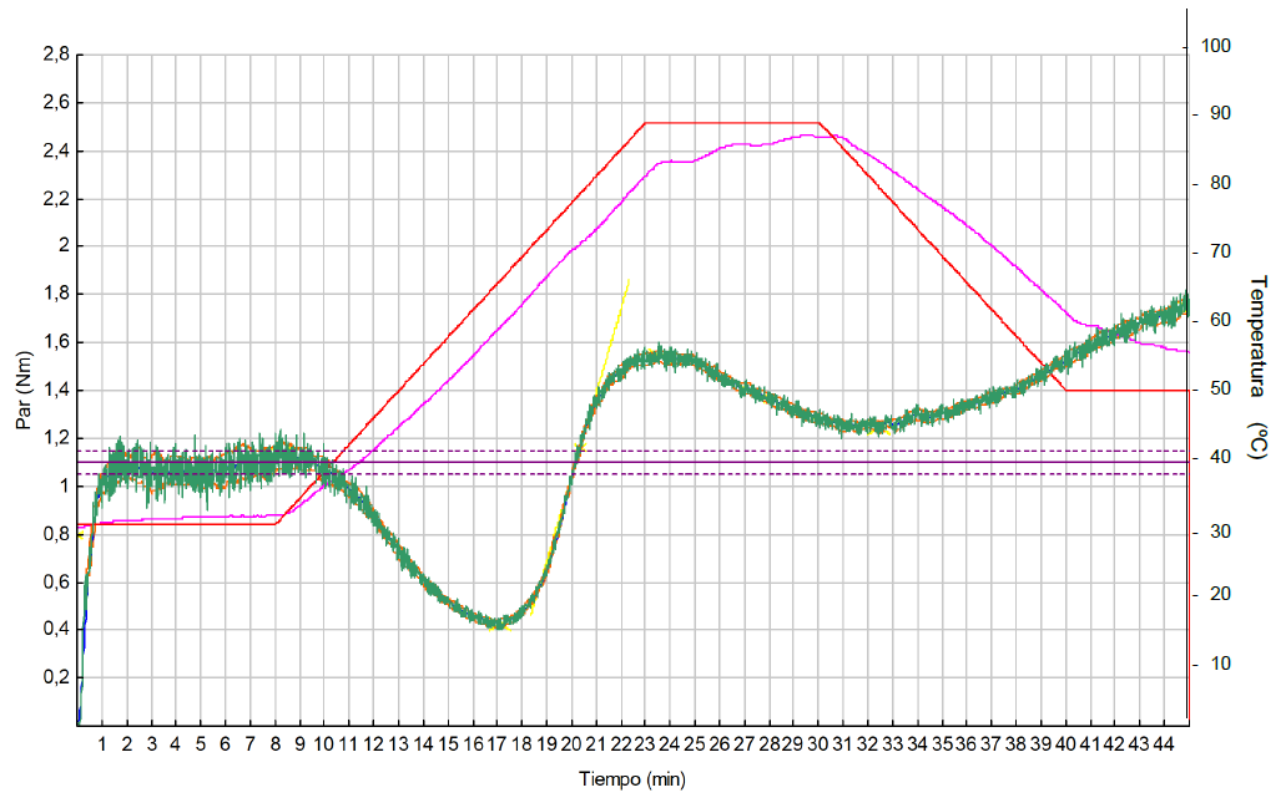
Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,134	Nm/min
β :	0,350	Nm/min
γ :	-0,044	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,22	1,136	31,4	0,105	10,10
CS	8,00	1,113	31,4		6.6
C2	17,10	0,425	59,4		
C3	23,60	1,543	83,9		
C4	32,45	1,246	84,2		
C5	45,02	1,742	55,7		





Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - BLANCO (R)

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	13,4 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	62,0 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - BLANCO

Fecha : 29/09/2020 Hora : 07:51

Muestra :

Hydration : 62,0 % base 14% (b14)

Contenido de 13,40 %

Indice: 8-51-433

Protocolo : Chopin+

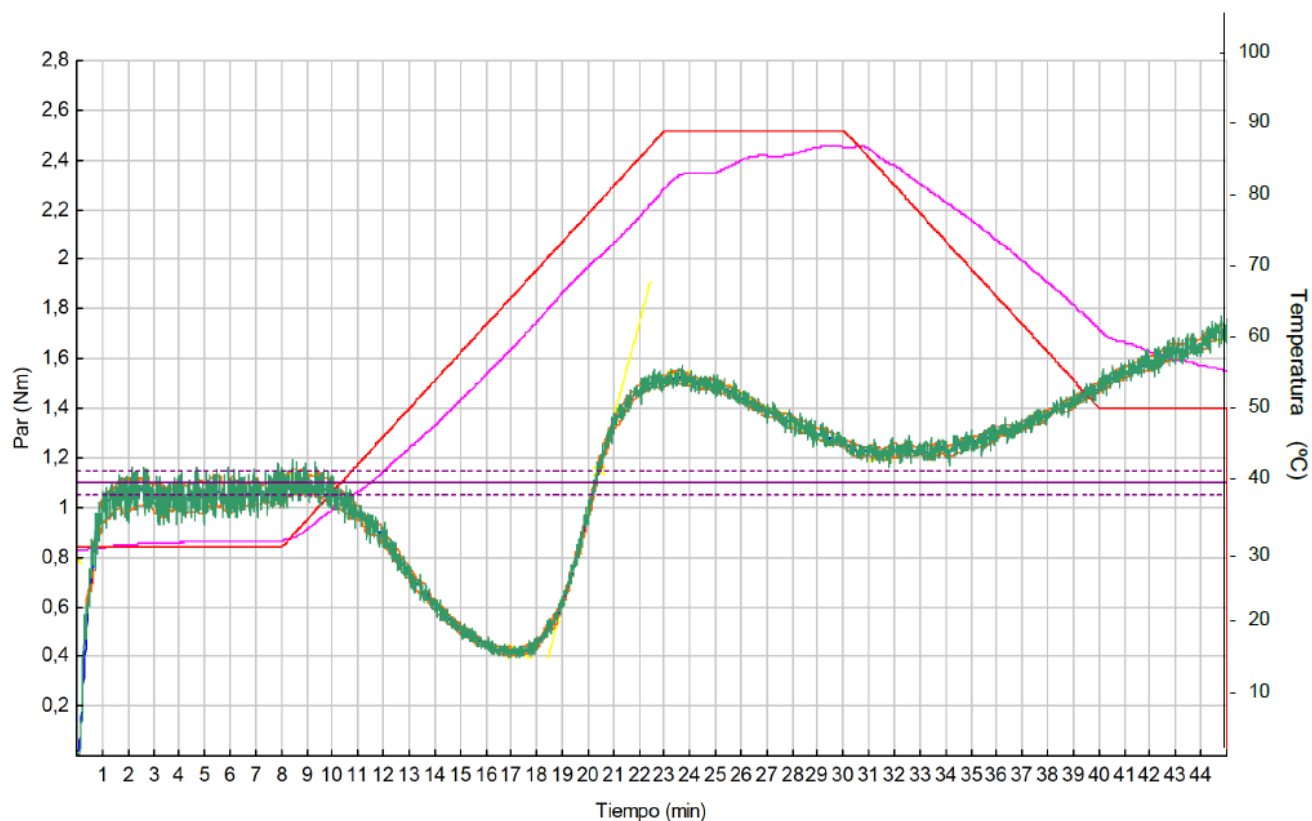
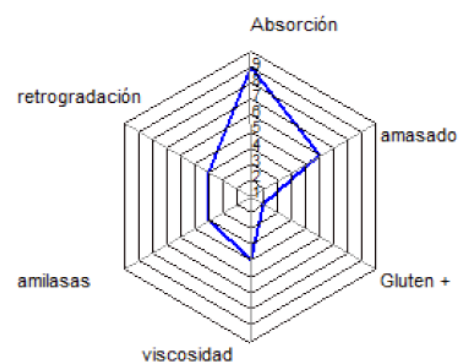
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,132	Nm/min
β :	0,378	Nm/min
γ :	-0,062	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,77	1,103	32,0	0,098	10,30
CS	8,00	1,076	31,0		6.72
C2	17,33	0,418	59,8		
C3	23,58	1,525	83,5		
C4	31,45	1,212	86,0		
C5	45,02	1,696	55,3		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - BLANCO

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	13,4 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	62,0 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 9

Fecha : 01/10/2020 Hora : 07:32

Muestra :

Hydration : 60,4 % base 14% (b14)

Contenido de 11,00 %

Indice: 7-51-223

Protocolo : Chopin+

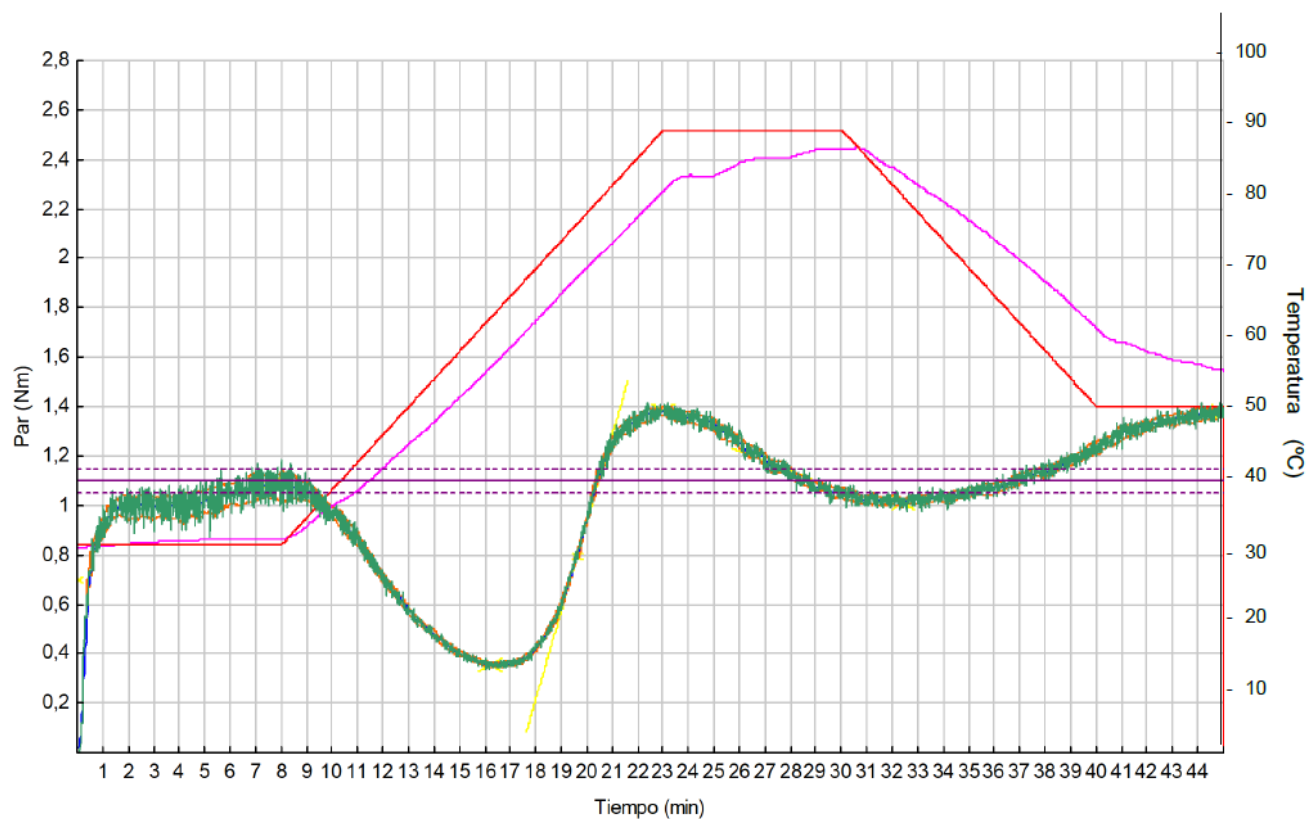
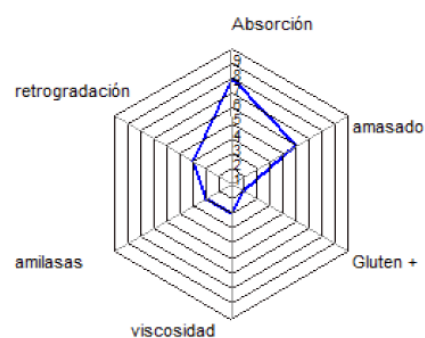
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,140	Nm/min
β :	0,356	Nm/min
γ :	-0,040	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7,53	1,087	31,0	0,102	9,30
CS	8,00	1,068	31,0		5,4
C2	16,23	0,355	55,7		
C3	23,03	1,383	81,2		
C4	32,42	1,011	83,6		
C5	45,00	1,379	55,2		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 9

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	11,0 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	60,4 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M9 (R)

Fecha : 01/10/2020 Hora : 09:50

Muestra :

Hydration : 60,5 % base 14% (b14)

Contenido de 11,00 %

Indice: 7-50-323

Protocolo : Chopin+

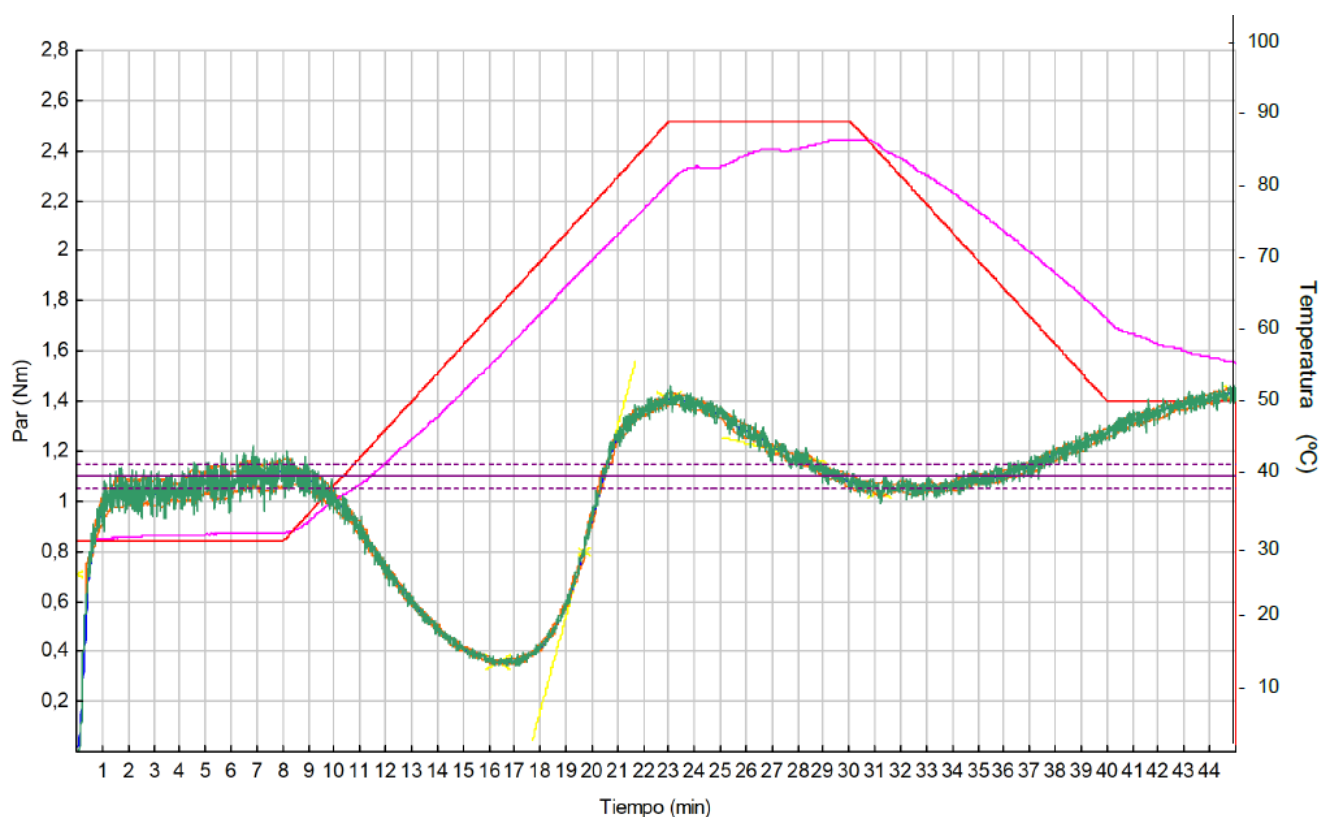
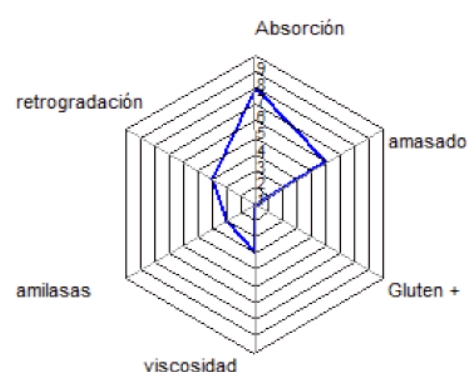
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,136	Nm/min
β :	0,378	Nm/min
γ :	-0,024	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6,97	1,123	31,3	0,110	9,40
CS	8,00	1,112	31,3		5.38
C2	16,37	0,357	56,3		
C3	23,00	1,407	81,0		
C4	31,17	1,040	86,5		
C5	45,02	1,432	55,4		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M9 (R)

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	11,0 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	60,5 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 11

Fecha : 01/10/2020 Hora : 12:25

Muestra :

Hydration : 61,7 % base 14% (b14)

Contenido de 11,20 %

Indice: 8-51-323

Protocolo : Chopin+

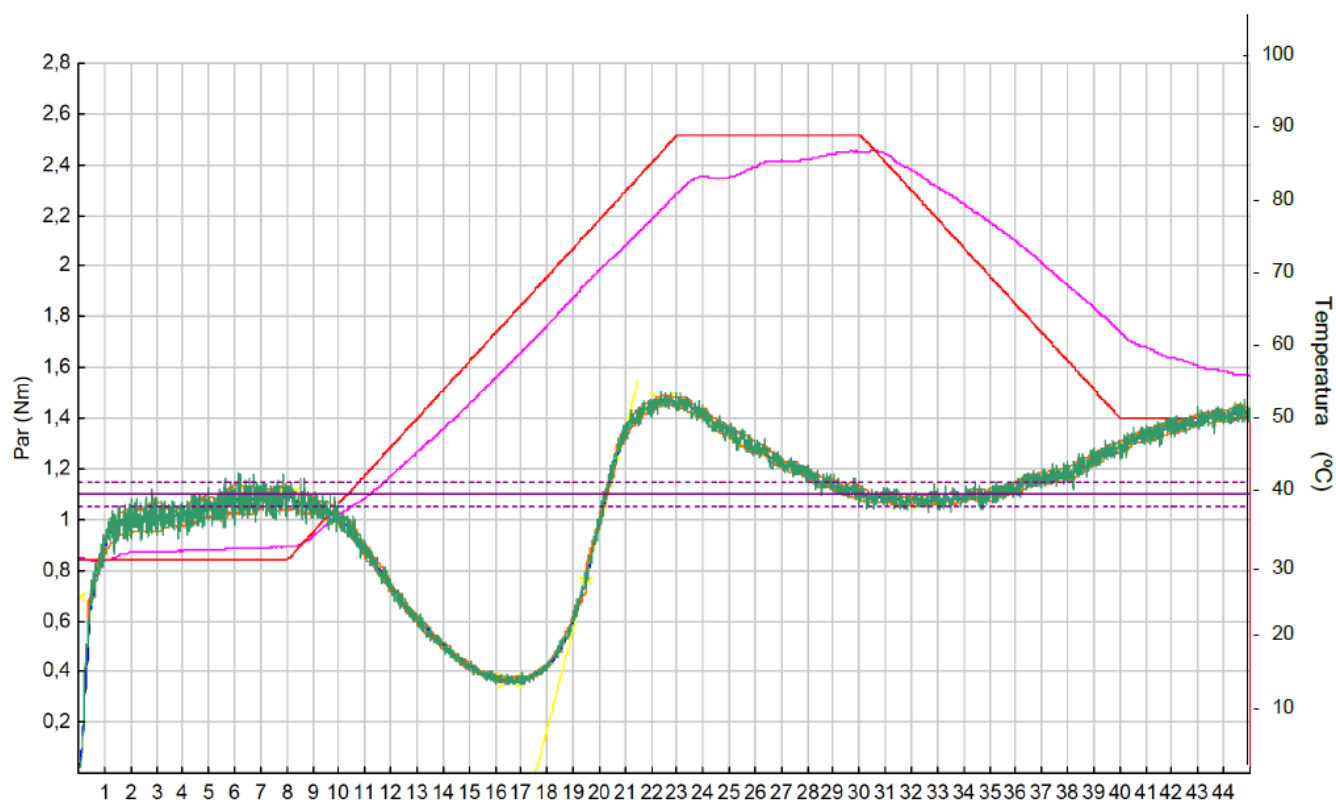
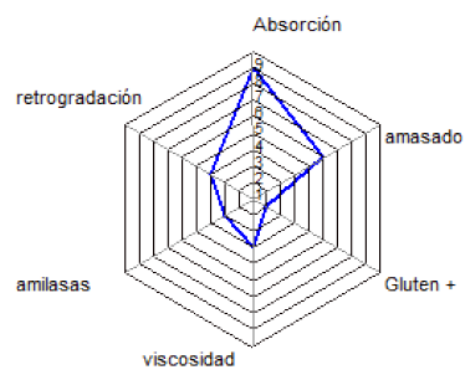
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,134	Nm/min
β :	0,394	Nm/min
γ :	-0,048	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,05	1,098	31,9	0,089	9,30
CS	8,00	1,091	31,9		5.57
C2	16,57	0,364	57,7		
C3	22,43	1,472	79,6		
C4	31,73	1,069	85,5		
C5	45,00	1,431	55,9		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 11

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	11,2 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	61,7 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M2

Fecha : 29/09/2020 Hora : 11:14

Muestra :

Hydration : 66,0 % base 14% (b14)

Contenido de 13,80 %

Indice: 8-51-333

Protocolo : Chopin+

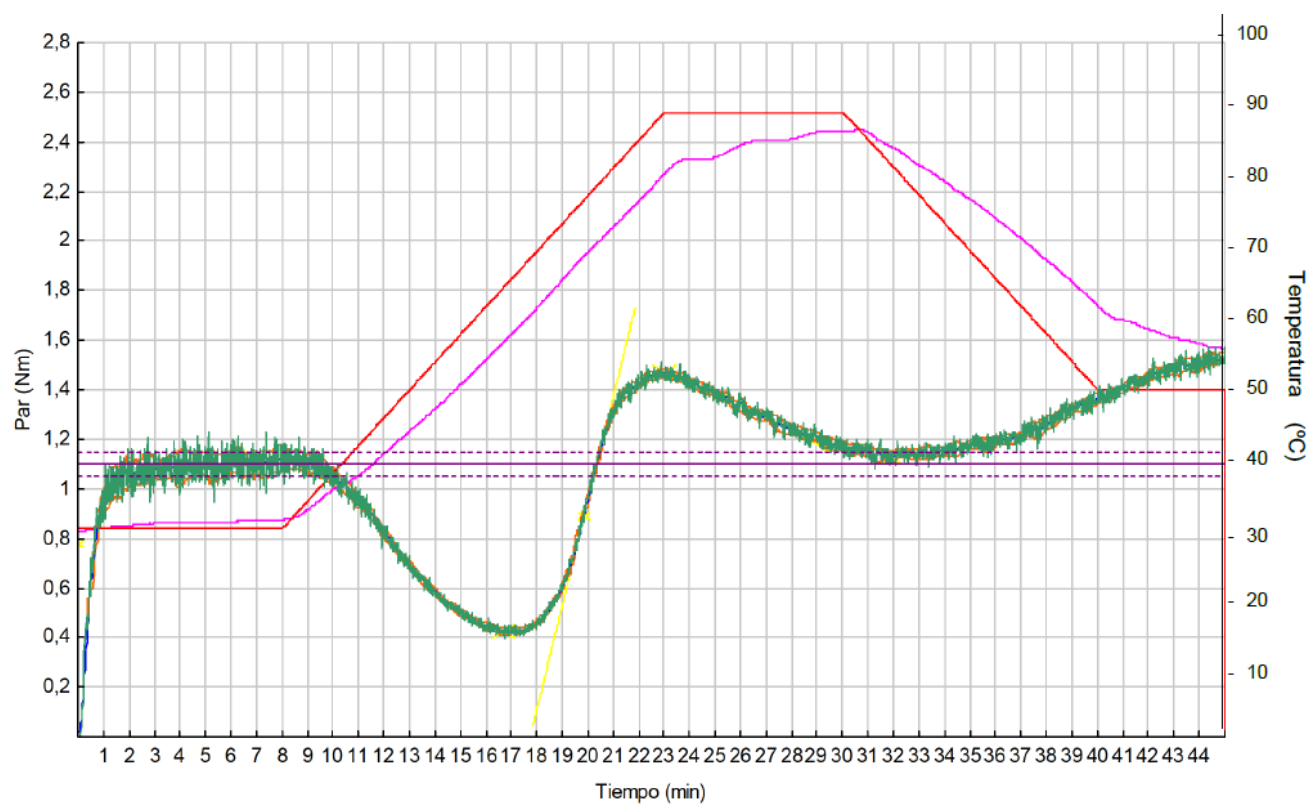
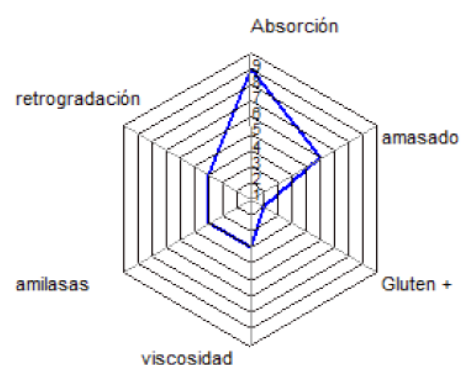
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,132	Nm/min
β :	0,420	Nm/min
γ :	-0,056	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6,97	1,126	31,1	0,104	9,80
CS	8,00	1,113	31,3		6.33
C2	16,70	0,425	56,9		
C3	23,03	1,469	81,2		
C4	31,90	1,129	85,1		
C5	44,98	1,523	55,8		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M2

Temperatura de laboratorio	°C	Molino		
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción		%
Contenido de humedad	13,8 %	P		mmH2O
Proteínas	%	L		mm
Almidón dañado	UCD	G		
Zeleny	ml	W		10E-4J
Cenizas	%	P/L		
Gluten	%	Ie		%
Falling Number	s	Hydration	66,0 %	base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 11(R)

Fecha : 01/10/2020 Hora : 14:06

Muestra :

Hydration : 61,7 % base 14% (b14)

Contenido de 11,20 %

Indice: 8-51-323

Protocolo : Chopin+

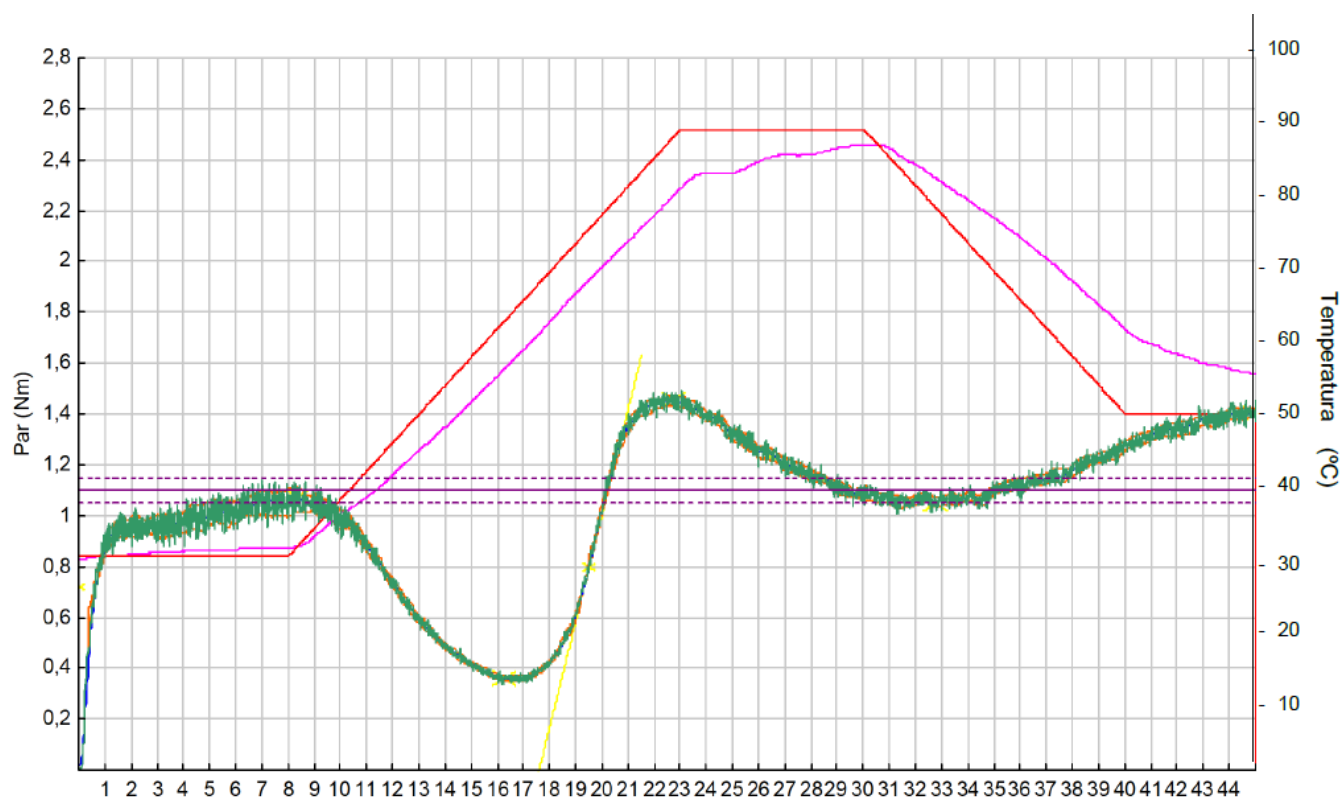
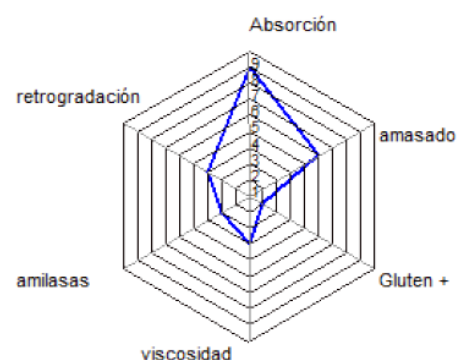
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,152	Nm/min
β :	0,416	Nm/min
γ :	-0,046	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,35	1,074	31,4	0,102	9,50
CS	8,00	1,048	31,3		5.65
C2	16,28	0,360	56,3		
C3	22,77	1,457	80,7		
C4	32,78	1,047	83,1		
C5	45,00	1,401	55,5		





CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 11(R)

Temperatura de laboratorio	°C	Molino	
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción	%
Contenido de humedad	11,2 %	P	mmH2O
Proteínas	%	L	mm
Almidón dañado	UCD	G	
Zeleny	ml	W	10E-4J
Cenizas	%	P/L	
Gluten	%	Ie	%
Falling Number	s	Hydration	61,7 % base 14% (b14)

Mixolab

CHOPIN Technologies
20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
Z.I. DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

TEST - HARINA M 2 (R)

Fecha : 29/09/2020 Hora : 12:16

Muestra :

Hydration : 66,2 % base 14% (b14)

Contenido de 13,80 %

Indice: 9-61-333

Protocolo : Chopin+

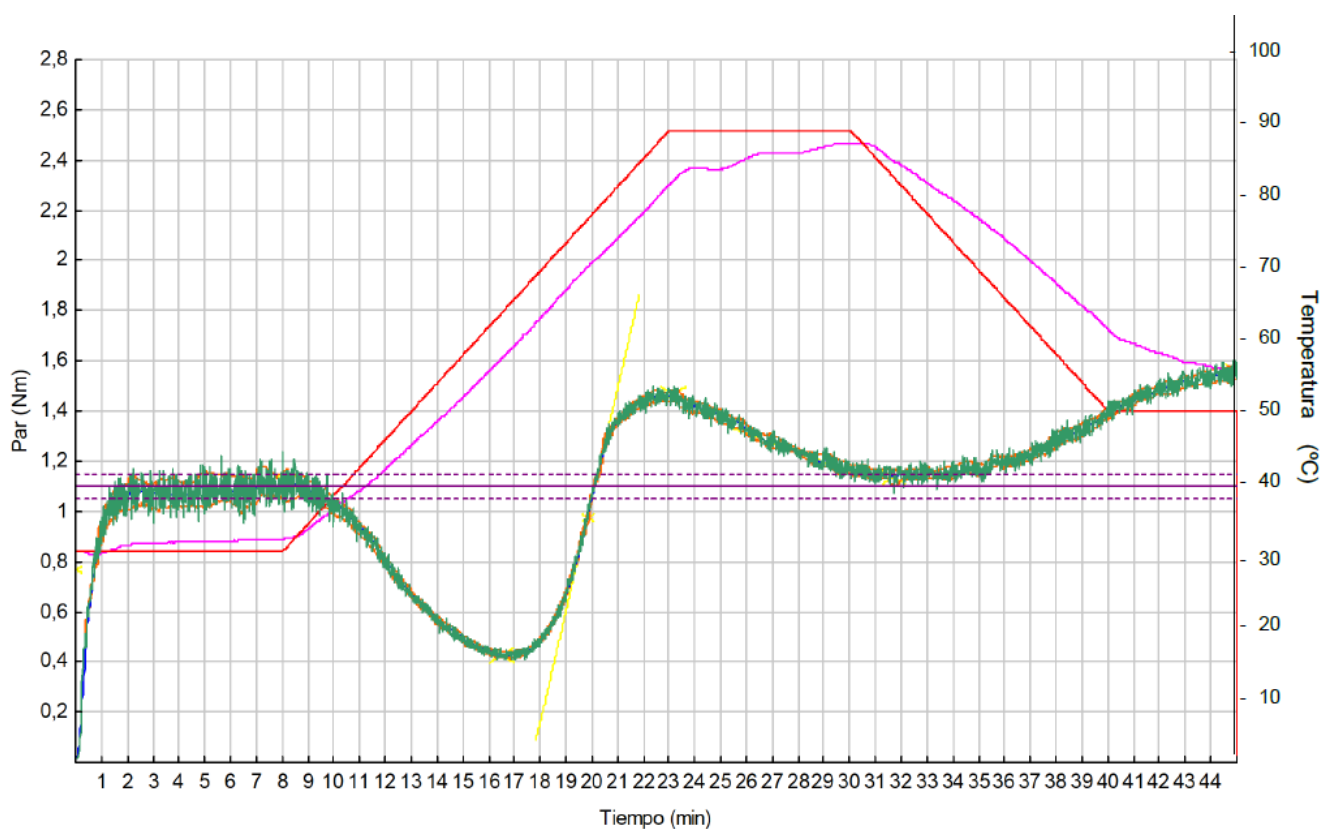
Peso de la masa : 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,150	Nm/min
β :	0,444	Nm/min
γ :	-0,038	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,20	1,118	31,9	0,128	9,60
CS	8,00	1,109	31,8		6.15
C2	16,53	0,427	57,6		
C3	23,18	1,466	82,8		
C4	31,70	1,136	85,6		
C5	45,02	1,557	55,5		



Mixolab

CHOPIN Technologies
 20 AV. MARCELLIN BERTHELOT
 Z.I. DU VAL DE SEINE
 92390 VILLENEUVE LA GARENNE
 FRANCE

TEST - HARINA M 2 (R)

Temperatura de laboratorio	°C	Molino		
Higrometría del laboratorio.	%	Tasa de extracción		%
Contenido de humedad	13,8 %	P		mmH ₂ O
Proteínas	%	L		mm
Almidón dañado	UCD	G		
Zeleny	ml	W		10E-4J
Cenizas	%	P/L		
Gluten	%	Ie		%
Falling Number	s	Hydration	66,2 %	base 14% (b14)

Anova (muestra blanca)


Alveolab

GRANOTEC ECUADOR
Via a Daule Km 10.5 - Lotización
090150, GUAYAQUIL, ECUADOR
043705555

HARINAS GRANOTEC
KM 10.5 VIA A DAULE
-, Guayaquil, Ecuador
3705555

Protocolo : Alveógrafo HC
Nombre de archivo : 2009240402[1460]
Nombre de ensayo : HARINA BLANCO
Comentarios :

Fecha y hora del ensayo : 24/09/2020 11:16:13
Nombre de cliente : HARINAS GRANOTEC
Producto : Industrial wheat flour
SN : 268
A : 1.3.11

Temperatura

Agua : 19,7 °C
Amasadora : 24,1 °C
Cámara de reposo : 25 °C
Cámara de Alveo : 20 °C

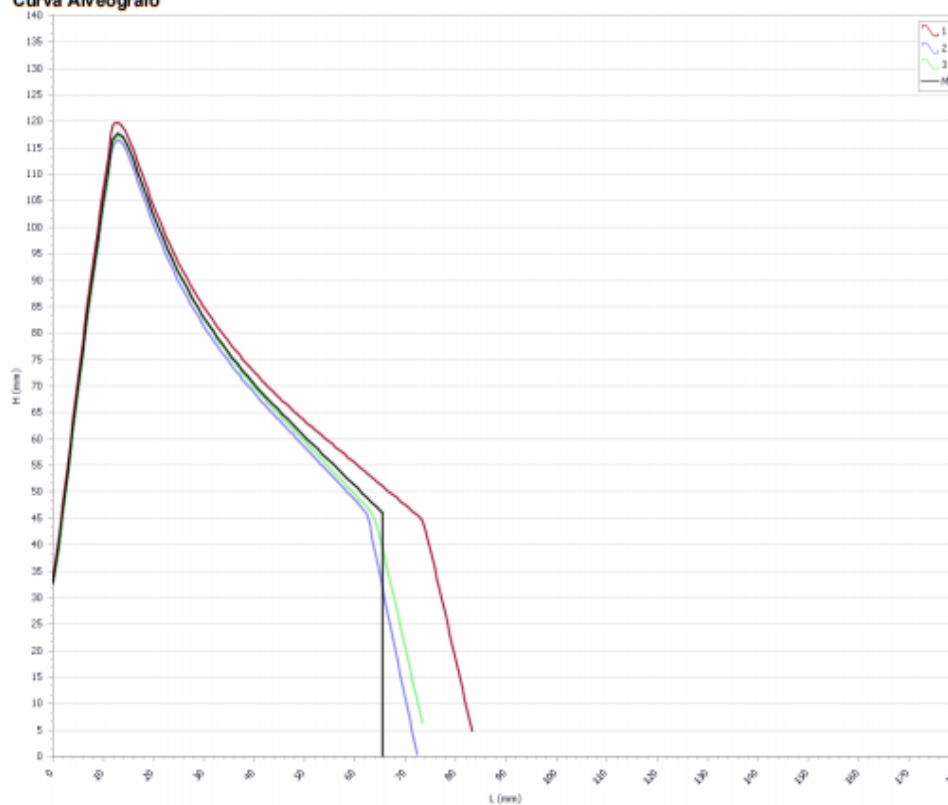
Parámetros

Higrometría : 62 % porcentaje
Humedad : 13,4 % porcentaje
Hidratación : 50 % porcentaje
Base de hidratación : B 15% H2O
Cantidad de agua : 132,06 mL
Peso de harina : 250 g

Resultados estándar

P : 130 mmH2O
L : 65 mm
G : 17,9
W : 328 104J
PL : 2
le : 60,1 %

Curva Alveógrafo



v : 1.1.1.14

1 / 1

Muestra #11



GRANOTEC ECUADOR

Via a Daule Km 10.5 - Lotización

090150, GUAYAQUIL , ECUADOR

043705555

HARINAS GRANOTEC

KM 10.5 VIA A DAULE

-, Guayaquil, Ecuador

3705555

Protocolo : Alveografo HC

Nombre de archivo : 2009280401[1408]

Nombre de ensayo : HARINAM11

Comentarios :

Fecha y hora del ensayo : 28/09/2020 10:19:25

Nombre de cliente : HARINAS GRANOTEC

Producto : Industrial wheat flour

S/N : 268

A : 1.3.11

Temperatura

Agua : 19.7 °C

Amasadora : 24.1 °C

Cámara de reposo : 25 °C

Cámara de Alveo : 20 °C

Parámetros

Higrometría : 60 % porcentaje

Humedad : 11.2 % porcentaje

Hidratación : 50 % porcentaje

Base de hidratación : B 15% H2O

Cantidad de agua : 141.76 mL

Peso de harina : 250 g

Resultados estándar

P : 136 mmH2O

L : 26 mm

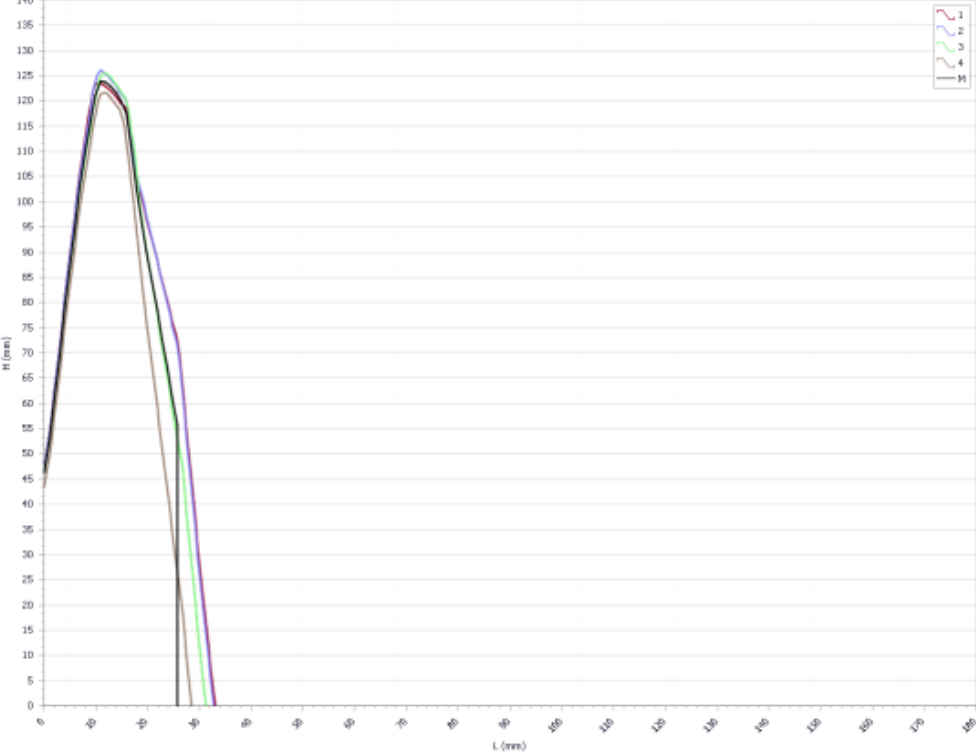
G : 11.3

W : 300 10-4J

P/L : 5.23

le : 20%

Curva Alveógrafo



W (mm)

L (mm)

v : 1.1.1.14

1 / 1

Tabla 26. Análisis sensorial descriptivo de la muestra 2

Atributo	20.0% Harina de Quinoa 5.63% Harina de Arroz 74.38% Harina de trigo (Muestra # 2)	100% Trigo (muestra cero)
Color	6	9
Forma	8	9
Desarrollo	6	8
Superficie	7	9
Color de la miga	6	9
Sabor típico	3	8
Olor típico	5	8
Elasticidad	3	8
Gomosidad y masticación	5	8
Media	5,44	
Desviación	1,66	

Fuente: (Elaborado por los autores)

Tabla 27. Analisis sensorial descriptivo de la muestra 4

Atributo	18,20% harina de quinoa 11,80% harina de arroz 70,00% harina de trigo (muestra # 4)	100% trigo (muestra cero)
Color	9	9
Forma	8	9
Desarrollo	7	8
Superficie	8	9
Color de la miga	9	9
Sabor típico	5	8
Olor típico	6	8
Elasticidad	6	8
Gomosidad y masticación	6	8

Media	7,11
Desviación	1,45

Fuente: (Elaborado por los autores)

Tabla 28. Analisis sensorial descriptivo de la muestra 9

Atributo	13.79% harina de quinoa 7.11% harina de arroz 79.09% harina de trigo (muestra # 9)	100% trigo (muestra cero)
Color	9	9
Forma	7	9
Desarrollo	7	8
Superficie	8	9
Color de la miga	8	9
Sabor típico	4	8
Olor típico	4	8
Elasticidad	6	8
Gomosidad y masticación	7	8
Media	6,666666667	
Desviación	1,732050808	

Fuente: (Elaborado por los autores)

Tabla 29. Análisis sensorial descriptivo de la muestra 11

Atributo	12,76% Harina de Quinoa 17,24% Harina de Arroz 70,00% Harina de trigo (Muestra # 11)	100% Trigo (muestra cero)
Color	9	9
Forma	9	9
Desarrollo	8	8
Superficie	9	9
Color de la miga	9	9
Sabor típico	6	8
Olor típico	5	8
Elasticidad	6	8
Gomosidad y masticación	7	8
Media	7,555555556	
Desviación	1,589898669	

Fuente: (Elaborado por los autores)