



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**“ESTUDIO REOLÓGICO DE MEZCLAS DE HARINAS DE CEREALES:
CEBADA (*Hordeum vulgare*), MAÍZ (*Zea mays*), QUINUA (*Chenopodium
quinoa*), TRIGO (*Triticum vulgare*) Y TUBÉRCULO: PAPA (*Solanum
tuberosum*) NACIONALES CON TRIGO (*Triticum vulgare*) IMPORTADO
PARA ORIENTAR SU USO EN LA ELABORACIÓN DE PAN Y PASTAS
ALIMENTICIAS”**

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos,
otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de
Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Por: Alexandra Virginia Lascano Sumbana

Tutor: Ing. Mayra Paredes MSc.

Ambato-Ecuador

2010

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

El presente trabajo investigativo: “ESTUDIO REOLÓGICO DE MEZCLAS DE HARINAS DE CEREALES: CEBADA (*Hordeum vulgare*), MAÍZ (*Zea mays*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*), TRIGO (*Triticum vulgare*) Y TUBÉRCULO: PAPA (*Solanum tuberosum*) NACIONALES CON TRIGO (*Triticum vulgare*) IMPORTADO PARA ORIENTAR SU USO EN LA ELABORACIÓN DE PAN Y PASTAS ALIMENTICIAS” desarrollado por la egresada Alexandra Virginia Lascano Sumbana; contempla las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la sustentación del mismo.

.....
Ing. Mayra Paredes MSc
TUTOR PROYECTO

AUTORÍA DE LA TESIS

La responsabilidad del contenido del Proyecto de Investigación: “ESTUDIO REOLÓGICO DE MEZCLAS DE HARINAS DE CEREALES: CEBADA (*Hordeum vulgare*), MAÍZ (*Zea mays*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*), TRIGO (*Triticum vulgare*) Y TUBÉRCULO: PAPA (*Solanum tuberosum*) NACIONALES CON TRIGO (*Triticum vulgare*) IMPORTADO PARA ORIENTAR SU USO EN LA ELABORACIÓN DE PAN Y PASTAS ALIMENTICIAS” corresponde exclusivamente a la Srta. Alexandra Virginia Lascano Sumbana y es patrimonio intelectual de la Universidad Técnica de Ambato y SENACYT dentro del Proyecto “Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos-PHPPF”.

.....

Srta. Alexandra Lascano S.

AUTOR

.....

Ing. Mayra Paredes MSc.

TUTOR PROYECTO

.....

Ing. Galo A. Sandoval

DIRECTOR PROYECTO PHPPF

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el Proyecto de Investigación, sobre el tema “ESTUDIO REOLÓGICO DE MEZCLAS DE HARINAS DE CEREALES: CEBADA (*Hordeum vulgare*), MAÍZ (*Zea mays*), QUINUA (*Chenopodium quinoa*), TRIGO (*Triticum vulgare*) Y TUBÉRCULO: PAPA (*Solanum tuberosum*) NACIONALES CON TRIGO (*Triticum vulgare*) IMPORTADO PARA ORIENTAR SU USO EN LA ELABORACIÓN DE PAN Y PASTAS ALIMENTICIAS”, desarrollado por la egresada Alexandra Virginia Lascano Sumbana; el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Para constancia, firman;

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

“Digno eres tú, Jehová, nuestro Dios mismo, de recibir la gloria y la honra y el poder, porque tú creaste todas las cosas, y a causa de tu voluntad existieron y fueron creadas”. Revelación 4:11

A mis padres, Rodrigo y Elsa, quienes día a día luchan por dar lo mejor para sus hijos; ejemplo de sacrificio y superación; apoyo incondicional en los momentos más difíciles y mi mejor compañía en los momentos de felicidad.

A mis hermanos: Lenin, Rita, Vinicio y Fernando, quienes son mi guía y mi camino para cada día llegar al éxito. Su compañía, su comprensión alivian incluso los problemas que pueden parecer imposibles de afrontar a solas.

A Álvaro, la certeza de que encontraré tu ayuda en las situaciones más difíciles, me tranquiliza y ha creado la base para confiar no solo en ti, sino en mí y en los demás.

No tenemos nada seguro ni garantizado en este mundo. Cuanto más vivo, más confirmo esta verdad, y más compruebo que siempre necesitaré de los demás.

AGRADECIMIENTO

“Muchas cosas has hecho tú mismo, oh Jehová Dios mío, aún tus maravillosas obras y tus pensamientos para con nosotros, no hay nadie que pueda ser comparado a ti”. Salmos 40:5

A mis padres y hermanos, un sencillo “muchas gracias” tal vez no alcance en comparación con la ayuda que recibo. Pero, cuando lo decimos sinceramente, nos enriquece y, tal vez, ilumine como un rayo de luz el día de quien lo escucha.

A la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos, por haberme permitido ser parte de esta noble institución.

A la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) por el financiamiento de la tesis mediante el Proyecto de Investigación “Desarrollo de Mezclas Farináceas (maíz, cebada y quinua) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos”.

A la Ing. Mayra Paredes, por su valioso conocimiento y su ayuda desinteresada, quien se constituyó en un pilar fundamental para la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Galo Sandoval, por haberme dado la oportunidad y la confianza de formar parte del Proyecto PHPPF.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen Ejecutivo	xviii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de Investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Contextualización	1
1.2.2. Análisis crítico	5
1.2.3. Prognosis	7
1.2.4. Formulación del problema	8
1.2.5. Interrogantes	8
1.2.6. Delimitación del problema	9
1.3. Justificación	9
1.4. Objetivos	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos	13

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos	14
2.2. Fundamentación Filosófica	19
2.3. Fundamentación Legal	19
2.4. Categorías Fundamentales	20
2.4.1. Los cereales	21
2.4.2. Pan y Pastas alimenticias	28
2.4.3. Mezclas de trigo con harinas de otros cereales	33
2.4.4. Reología de las masas	37
2.4.5. Cualidades plásticas de la harina	41
2.5. Hipótesis	53
2.6. Señalamiento de Variables	54
2.6.1. Variable Independiente	54
2.6.2. Variable Dependiente	54

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Modalidad Básica de la Investigación	55
3.2. Nivel o Tipo de Investigación	55
3.3. Métodos y Técnicas de Investigación	56
3.3.1. Método para la obtención de harina de cereales y papa	56
3.3.2. Método para la obtención de mezclas de harinas y análisis	61
3.4. Población y Muestra	62

3.4.1. Diseño Experimental	63
3.5. Operacionalización de Variables	65
3.5.1. Variable Independiente	65
3.5.2. Variable Dependiente	66
3.6. Plan de Recolección de Información	67
3.7. Procesamiento de la Información	67

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e Interpretación de los Resultados	69
4.1.1. Caracterización Farinográfica en mezclas de harinas	69
4.1.2. Selección de los mejores tratamientos	83
4.1.3. Caracterización Alveográfica en mezclas de harinas	85
4.1.4. Caracterización Reológica en mezclas de harinas	89
4.1.5. Análisis de pan en los mejores tratamientos	96
4.1.6. Ensayos preliminares de pastas alimenticias	107
4.2. Verificación de Hipótesis	107

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	109
5.2. Recomendaciones	112

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos	114
6.2. Antecedentes de la Propuesta	115
6.3. Justificación	117
6.4. Objetivos	118
6.4.1. Objetivo General	118
6.4.2. Objetivos Específicos	119
6.5. Análisis de Factibilidad	119
6.6. Fundamentación Científico-Técnica	121
6.7. Metodología. Modelo Operativo	125
6.8. Administración	126
6.9. Previsión de la Evaluación	127

MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía	128
2. Anexos	143
Anexo A: Metodología	143
Anexo B: Resultados	165
Anexo C: Figuras obtenidas en la experimentación	182
Anexo D: Fotografías	217

ÍNDICE DE TABLAS

- TABLA 1. Importaciones de trigo 2008 por país
- TABLA 2. Importaciones de harina de trigo 2000 – 2008
- TABLA 3. Análisis proximal de harinas de cereales y tubérculo
- TABLA 4. Medias Panaderas para análisis farinográficos
- TABLA 5. Resultados de los farinogramas realizados con muestras 100% puras de harina
- TABLA 6. Resultados de los farinogramas realizados con cada mezcla de harina
- TABLA 7. Análisis de Varianza para Tiempo de desarrollo
- TABLA 8. Prueba de Diferenciación de Tukey para Tiempo de desarrollo
- TABLA 9. Análisis de Varianza para Estabilidad
- TABLA 10. Prueba de Diferenciación de Tukey para Estabilidad
- TABLA 11. Análisis de Varianza para Índice de Tolerancia
- TABLA 12. Prueba de Diferenciación de Tukey para Índice de Tolerancia
- TABLA 13. Resultados de los alveogramas realizados con las mejores mezclas de harinas
- TABLA 14. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Profiler.
- TABLA 15. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Standard
- TABLA 16. Análisis de Varianza para Apariencia del pan
- TABLA 17. Análisis de Varianza para Color del pan
- TABLA 18. Prueba de Diferenciación de Tukey para Color del pan
- TABLA 19. Análisis de Varianza para Sabor del pan
- TABLA 20. Prueba de Diferenciación de Tukey para Sabor del pan
- TABLA 21. Análisis de Varianza para Textura del pan
- TABLA 22. Prueba de Diferenciación de Tukey para Textura del pan
- TABLA 23. Análisis de Varianza para Aceptabilidad del pan
- TABLA 24. Volumen del pan
- TABLA 25. Valores de Fisher (F) obtenidos en el Diseño Experimental
- TABLA 26. Recursos económicos de la propuesta

TABLA 27. Enzimas sugeridas para mejorar la masa de pan

TABLA 28. Modelo Operativo de la propuesta (Plan de acción)

TABLA 29. Administración de la Propuesta

TABLA 30. Previsión de la Evaluación

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1. Árbol de Problemas
- GRÁFICO 2. Red de Inclusiones
- GRÁFICO 3. Diagrama de flujo para la obtención de harina de cereales
- GRÁFICO 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papa
- GRÁFICO 5. Flujograma para la obtención de mezclas y sus análisis
- GRÁFICO 6. Farinografía: Resultados de la absorción de agua en harinas
- GRÁFICO 7. Farinografía: Resultados de tiempo de desarrollo en harinas
- GRÁFICO 8. Farinografía: Resultados de Estabilidad en harinas
- GRÁFICO 9. Farinografía: Resultados de Índice de Tolerancia en harinas
- GRÁFICO 10. Resultados de Fuerza (W) en harinas
- GRÁFICO 11. Resultados de Equilibrio (P/L) en harinas
- GRÁFICO 12. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Profiler
- GRÁFICO 13. Volumen del pan en los mejores tratamientos

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Relación de curvas de esfuerzo
- FIGURA 2. Modelo mecánico de la Reología de la masa panaria a través del cuerpo de Burgers
- FIGURA 3. Farinogramas de dos clases de harina
- FIGURA 4. Farinogramas de harina de trigo de acuerdo a su fuerza y elasticidad
- FIGURA 5. Clasificación de las harinas de acuerdo a su fuerza
- FIGURA 6. Curva tipo del Mixolab Standard
- FIGURA 7. Curva tipo del Mixolab Profiler
- FIGURA 8. Farinograma: Harina de Trigo Importado Canada Wheat Red Spring N°1. Réplica 1
- FIGURA 9. Farinograma: Harina de Trigo Importado Canada Wheat Red Spring N°1. Réplica 2
- FIGURA 10. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Trigo Nacional (10%). Réplica 1
- FIGURA 11. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Trigo Nacional (10%). Réplica 2
- FIGURA 12. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Trigo Nacional (20%). Réplica 1
- FIGURA 13. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Trigo Nacional (20%). Réplica 2
- FIGURA 14. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%). Réplica 1
- FIGURA 15. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%). Réplica 2
- FIGURA 16. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%). Réplica 1
- FIGURA 17. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%). Réplica 2
- FIGURA 18. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%). Réplica 1

- FIGURA 19. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%). Réplica 2
- FIGURA 20. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%). Réplica 1
- FIGURA 21. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%). Réplica 2
- FIGURA 22. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Maíz Nacional (10%). Réplica 1
- FIGURA 23. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Maíz Nacional (10%). Réplica 2
- FIGURA 24. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%). Réplica 1
- FIGURA 25. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%). Réplica 2
- FIGURA 26. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Maíz Nacional (30%). Réplica 1
- FIGURA 27. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Maíz Nacional (30%). Réplica 2
- FIGURA 28. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Papa Nacional (10%). Réplica 1
- FIGURA 29. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Papa Nacional (10%). Réplica 2
- FIGURA 30. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%). Réplica 1
- FIGURA 31. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%). Réplica 2
- FIGURA 32. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Papa Nacional (30%). Réplica 1
- FIGURA 33. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Papa Nacional (30%). Réplica 2
- FIGURA 34. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Quinoa Nacional (10%). Réplica 1

- FIGURA 35. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Quinoa Nacional (10%). Réplica 2
- FIGURA 36. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%). Réplica 1
- FIGURA 37. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%). Réplica 2
- FIGURA 38. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Quinoa Nacional (30%). Réplica 1
- FIGURA 39. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Quinoa Nacional (30%). Réplica 2
- FIGURA 40. Farinograma: Harina de Trigo Nacional variedad Cojitambo. Réplica 1
- FIGURA 41. Farinograma: Harina de Cebada Nacional variedad Cañicapa. Réplica 1
- FIGURA 42. Farinograma: Harina de Maíz Nacional variedad Iniap 122. Réplica 1
- FIGURA 43. Farinograma: Harina de Papa Nacional variedad Gabriela. Réplica 1
- FIGURA 44. Farinograma: Harina de Quinoa Nacional variedad Tuncahuán Réplica 1
- FIGURA 45. Alveograma: Harina Trigo Importado Canada Wheat Red Spring N°1
- FIGURA 46. Alveograma Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%)
- FIGURA 47. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%)
- FIGURA 48. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%)
- FIGURA 49. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%)
- FIGURA 50. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%)

- FIGURA 51. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%)
- FIGURA 52. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%)
- FIGURA 53. Mixolab: Harina Trigo Importado Canada Wheat Red Spring #1
- FIGURA 54. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%)
- FIGURA 55. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%)
- FIGURA 56. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%)
- FIGURA 57. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%)
- FIGURA 58. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%)
- FIGURA 59. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%)
- FIGURA 60. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%)

RESUMEN

En los últimos años, el precio del trigo importado se elevó en forma acelerada lo que provocó un fuerte incremento de los precios de los alimentos, por lo que la utilización de cereales y tubérculos nacionales como cebada, maíz, quinua, trigo y papa sería una alternativa para contrarrestar dicho efecto, mediante la elaboración de alimentos básicos de consumo diario como son pan y pastas alimenticias.

En el presente trabajo de investigación se realizó un estudio reológico de mezclas de harinas para determinar el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo importado por harinas nacionales y su factibilidad en la elaboración de pan y pastas alimenticias. Se trabajó con mezclas de harinas de trigo importado CWRS#1 con harina de cebada, maíz, quinua, trigo nacional y papa en proporciones de 10, 20 y 30% (p/p), las cuales fueron evaluadas a través de análisis farinográficos los que permitieron seleccionar los mejores tratamientos mediante la comparación con la harina de trigo importado (muestra patrón), siendo estos tratamientos: mezclas con harina de trigo importado-cebada nacional al 10, 20 y 30% de sustitución y mezcla de harina de trigo importado-trigo nacional al 30% de sustitución, estos resultados fueron comprobados mediante análisis alveográficos y su caracterización reológica en el mixolab.

La aplicación de los mejores tratamientos en la elaboración de pan fue evaluada mediante ensayos de panificación y finalmente un análisis sensorial, donde no se encontraron diferencias sustanciales entre las mezclas con cebada, trigo nacional y harina de trigo importado. También se realizó ensayos preliminares de pastas alimenticias determinando cierta fragilidad en los fideos a mayor porcentaje de sustitución.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN

Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

Además de su valor cultural en todas las latitudes, ya que de su cultivo se originó la práctica de la agricultura, los cereales, que son los frutos de diferentes gramíneas, proporcionan en la dieta del hombre una fuente de energía concentrada. Su contenido en glúcidos y proteínas prácticamente pueden satisfacer todas las necesidades alimentarias humanas. Sus lípidos poliinsaturados evitan la formación de colesterol. Son ricos en sales minerales y oligoelementos, y contienen todas las vitaminas que el organismo requiere. [Godoyol J., 1998]

Su cultivo adaptado a diferentes zonas geográficas, su abundante producción, su relativamente fácil almacenamiento y su propiedad de conservación por largo tiempo sin que pierdan su poder nutritivo hace de los cereales, alimentos accesibles en todas las regiones del planeta. [Godayol J., 1998]

Cada cultura, cada civilización consume un tipo de cereales específicos creando toda una cultura gastronómica en torno a ellos. Entre los europeos domina el consumo del trigo; entre los americanos, el de maíz, y el arroz es la comida esencial de los pueblos asiáticos; el sorgo y el mijo son propios de las comunidades africanas. [Rico M., 2000]

Uno de los cereales que constituye en la actualidad, la base económica de las culturas es el trigo, cuya producción mundial totaliza 567 millones de TM, siendo los principales productores: China 17,30%, EE. UU. 11,50%, India 9,40%, Rusia 7,9%. El comercio mundial de la gramínea se caracteriza por las importaciones que alcanzan a 112 millones de TM, las regiones y países más importantes que compran éste cereal son Asia 18,40%, Rusia 16,60%, Europa 14,10% y China 11,30%. [Rizzo P., 2001]

Las mejores condiciones de compra de trigo que ofrecen tanto por calidad como financiamiento se presentan en EE.UU., cuya exportación sale principalmente por la Costa Este y por el golfo hacia el Caribe, Brasil y también hacia los países del norte de Sudamérica. El trigo argentino es vendido a Brasil, Perú y también lo compra Ecuador. El comercio del cereal canadiense es relativamente parecido al de EE.UU. e incluye ventas a Ecuador. [Rizzo P., 2001]

En los últimos años, los precios de los cereales y otras materias primas para la alimentación animal y humana se elevaron llegando a suponer incrementos medios del 60% consecuencia de una caída en las producciones y una mayor demanda de países en desarrollo. Así, en países europeos se estima un valor de 188 euros la tonelada en cebada, 215/220

en maíz, 300 en trigo duro y 210 en trigo blando. Estos incrementos provocaron graves crisis en los sectores ganaderos por el precio de los piensos y un fuerte incremento de los precios de los alimentos. [Maté V., 2008]

Por otro lado, una mayor demanda en la producción de biocombustibles genera el aumento del precio de los cereales provocando la escasez de estos alimentos básicos a los sectores de población más desfavorecidos de nuestro planeta.

En Latinoamérica, las diferencias entre los estratos sociales de un país o entre países pobres y países ricos, en donde los gobiernos no cuentan con los recursos económicos para alimentar adecuadamente a su población, hace que la alimentación de la gran mayoría de los habitantes se encuentre por debajo de los índices del requerimiento nutritivo. [Velasco J., 1996]

Por tal razón, se busca dar condiciones adecuadas para la producción y utilización de los cereales, puesto que constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas y su capacidad para provocar saciedad inmediata, evitando que la crisis económica mundial no afecte los costos del cereal y se produzca un incremento en sus subproductos.

Países como Perú desde el año 2008 emprenden campañas para reemplazar parcialmente la harina de trigo por cereales y tubérculos que se produzcan en abundancia. Se ha iniciado la producción y consumo de un pan tipo francés que contiene 30% de papa sancochada y 70% de trigo. Se reporta que tiene la misma apariencia y sabor que el pan común. [Promperú, 2007]

Venezuela ante el alza del precio del trigo prevé modificar los hábitos alimenticios al reemplazar parcialmente el pan y pastas por otras gramíneas como arroz o maíz. [Promperú, 2007]

Por otro lado, en el Ecuador existen 5000 hectáreas de trigo sembradas en la Sierra, las que pertenecen a los pequeños agricultores y se las destina al autoconsumo. [Diario Hoy, 2007]

La producción total del país se encuentra entre las 10 mil y las 15 mil toneladas de trigo, con un rendimiento promedio que oscila entre las 2,5 y las 3 toneladas por hectáreas. Este nivel de producción es insuficiente para cubrir con la demanda interna que se acerca a las 500 mil toneladas anuales, es decir, que la producción solo alcanza para cubrir entre el 2% y el 3% de los requerimientos de los molinos. Hasta agosto de 2007, el Ecuador importó \$74,5 millones de trigo, de los cuales \$46,6 millones provino del Canadá, \$16,5 millones de la Argentina y \$11,4 millones de los EEUU. [Diario Hoy, 2007]

El destino que se da a la producción de trigo nacional así como volúmenes de trigo importado indica que entre el 50-60 % se utiliza en panificación, 20-30 % en la fabricación de fideo, 10-15% en galletería, 5-7 % en la fabricación de balanceados y entre el 1-2 % a la industria maderera. [Proyecto SICA-BM/MAG., 2002]

La producción de trigo en el Ecuador siempre ha sido deficitaria, el bajo rendimiento se debe principalmente a la deficiente tecnología aplicada en el proceso de producción, como también al amplio número de productores minifundistas dedicados a este cultivo; debido a esto, el requerimiento de trigo es satisfecho en más del 98% con las importaciones de Canadá, Estados Unidos y Argentina, restando un 2% para el mercado nacional. [Diario Hoy, 2007]

La oferta de trigo nacional ecuatoriano como una opción válida de sustitución del trigo importado dentro de un Plan de Seguridad Alimentaria, es realmente nula. La producción nacional (descartando el hecho que no es un trigo para uso industrial) no cubre ni el 2% del total requerido, situación que se ha venido agravando ya que ha disminuido en cerca del 30% en los últimos años; mencionándose que se llegó a tener en alguna época una producción de 100,000 TM. [Panera, 2009a]

La mayor parte de cultivos está en mano de los pequeños productores que se dedican a esta actividad para su propio consumo. De igual manera, el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) no cuenta con gran variedad de semillas, solo se han desarrollado dos: Cojitambo y Chimborazo, que han sido distribuidas entre los pequeños agricultores durante estos últimos 10 años. [Diario Hoy, 2007]

1.2.2. Análisis crítico

En el árbol de problemas, se ha identificado la problemática sobre la importación del trigo, para lo cual se plantea un “estudio reológico de las mezclas de cereales y tubérculos para orientar su uso a la elaboración de pan y fideos”, mismo que se ha producido debido, entre los más importantes a criterio personal, a 5 causas y que han originado 5 efectos siendo analizados a continuación:

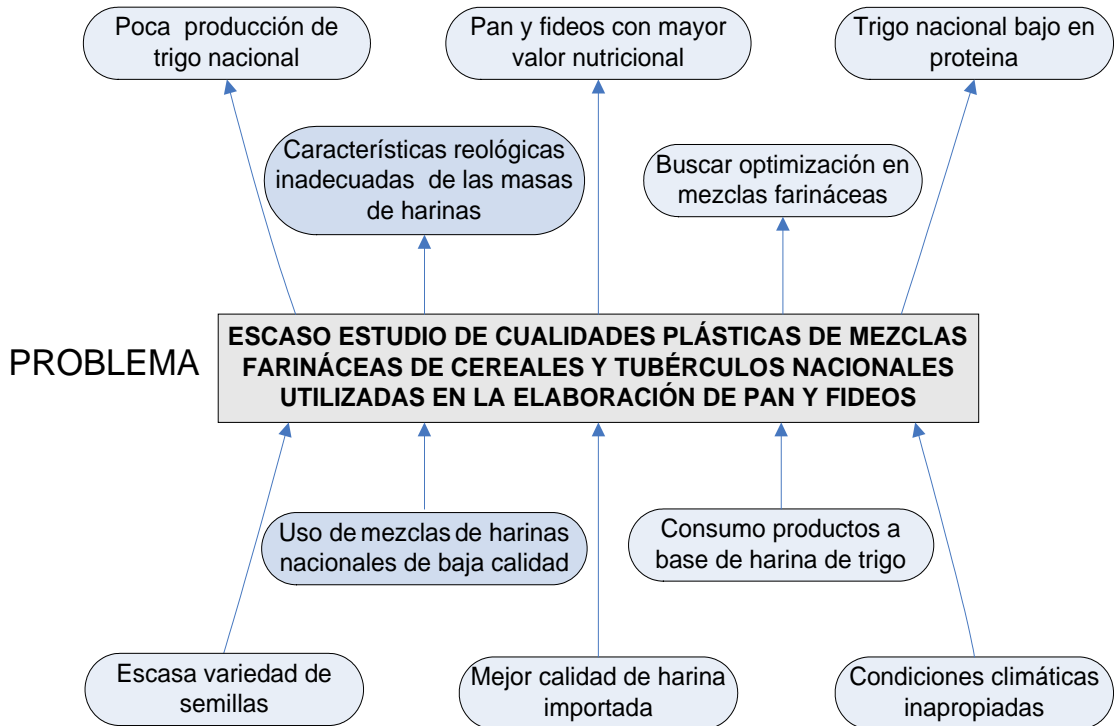
- La obtención de variedades de semillas con buenas características industriales aún no ha tenido éxito, lo cual significa una de las muchas razones para la escasa producción de trigo nacional, mientras que el reducido volumen que se cultiva no posee las características ideales para la obtención de una harina de calidad; razón por la cual se debe proceder a la mezcla con harinas importadas mejorando así su calidad.
- El procesamiento industrial del trigo y cereales nacionales conlleva a la obtención de harina de baja calidad para la industria panificadora y

fidelera, ya sea por su bajo comportamiento reológico o por la actividad amilásica altamente pronunciada que posee. No obstante, esta harina puede usarse como corrector de la poca actividad diastásica de las harinas de trigo importado y llegar a un valor correctamente balanceado.

- La utilización de harina de panificación en el país ha experimentado un crecimiento paulatino en función de las necesidades del consumidor, las mismas que han sido cubiertas por las empresas molineras mediante la utilización de trigos importados en cantidades apreciables, puesto que poseen un contenido proteico del 14%, además su composición proximal es superior al trigo local.
- La mayoría de productos de panadería utilizan únicamente harina de trigo importado debido a que forma una masa fuerte, capaz de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso, lo que conlleva a una masiva importación del cereal significando un aumento del precio de los productos de panificación. Por ello se busca nuevas alternativas como es la sustitución parcial de la harina de trigo con la de otros cereales o tubérculos nacionales como: trigo, maíz, cebada, quinua, papa con la finalidad de favorecer a la población más humilde de nuestro país.
- Las variedades de trigos cultivadas en diferentes condiciones de suelos y climas poseen características muy diversas. Así, los trigos conocidos como “fuertes” con un alto grado de proteínas, son cultivados en zonas geográficas que poseen las cuatro estaciones climáticas. Por lo expuesto, el clima del Ecuador no es el apropiado para la obtención de trigos de calidad industrial.

GRÁFICO 1. Árbol de Problemas

EFFECTOS



CAUSAS

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

1.2.3. Prognosis

Al no realizar este proyecto, no se lograría determinar características y propiedades de las diferentes mezclas farináceas de cereales como: trigo nacional, quinua, cebada, maíz y tubérculo como la papa y su aplicación en productos alimenticios de consumo diario como el pan y pastas alimenticias. De la misma manera, el agricultor ecuatoriano no se vería en la necesidad de cultivar trigo y otros cereales importantes en la alimentación ya que no existiría demanda; además las industrias no encontrarían una solución para reducir los volúmenes de importación de trigo y de harina.

Por lo anterior, buscar soluciones con la mezcla de otros cereales para la elaboración de productos de panificación con el aporte de otros

nutrientes que la harina de trigo no posee, un ejemplo es la harina de quinua con la presencia de aminoácidos esenciales; constituye una gran ayuda para los pueblos humildes, pues en muchas ocasiones, los cereales son lo único que consumen como parte de una dieta tradicional, por lo que no han perdido su importancia a lo largo del tiempo y se mantienen como uno de los alimentos nutritivos más importantes en todo el mundo.

Además, este estudio serviría como soporte para futuras investigaciones vinculadas a la utilización de cereales, debido a que constituye una base y guía para trabajos relacionados con el comportamiento reológico de harinas de cereales nacionales, en donde se busca la optimización de mezclas farináceas para la elaboración de productos panificables y pastas alimenticias.

1.2.4. Formulación del Problema

¿Cómo las mezclas de harinas de cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo importado inciden en las características reológicas de las masas de harinas utilizadas en la elaboración de pan y pastas alimenticias en el periodo Mayo 2009– Junio 2010?

1.2.5. Interrogantes

- ¿Existe estudios anteriores relacionados con el comportamiento reológico de harinas de cereales?
- ¿Existe suficiente información disponible para llevar a cabo esta investigación?

- ¿Cuál será el mejor porcentaje de sustitución de harina de cereales (maíz, trigo, quinua y cebada) y papas, por harina de trigo importado para elaborar un pan popular y fideos?
- ¿Cuál será la mezcla de harina de trigo con otros cereales y tubérculo para proporcionar las mejores características reológicas para panificación y pastas alimenticias?

1.2.6. Delimitación del Problema

Área: Investigación Tecnológica y Científica

Sub-área: Agrícola

Sector: Harina de Cereales y Tubérculos

Sub-sector: Estudio reológico de mezclas de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo y papa nacionales con trigo importado.

Temporal: Mayo 2009 a Junio 2010.

Espacial: Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

A medida que han aumentado los ingresos de las personas, el pan y los alimentos derivados del trigo han dejado de ser considerados alimentos de primera necesidad en algunas partes del mundo y, por lo tanto, las exigencias de los consumidores son cada vez mayores.

La industria panadera ha respondido desarrollando panes que se enlistan en los llamados alimentos funcionales, los que se definen como aquellos alimentos que entregan algún beneficio para la salud, además de la simple provisión de nutrientes; utilizando harinas de otros cereales en niveles habitualmente bastante modestos se logra fortalecer o reemplazar de una forma apropiada a las masas preparadas a partir de harina de trigo importado.

Recientemente el uso de los cereales destinado a la elaboración de biocombustibles ha causado una gran conmoción en todo el mundo. El aumento del precio de los cereales por una mayor demanda en la producción de estos nuevos carburantes, ha conllevado a una escasez de estos alimentos básicos a los sectores de población más desfavorecidos de nuestro planeta.

En Ecuador, la variación del costo del trigo está afectando fuertemente a la industria molinera nacional, sobre todo cuando se presenta un aumento del costo porque el trigo representa el 70% del precio de la harina, insumo que es utilizado a su vez en la fabricación del pan y fideos. [Proyecto SICA-BM/MAG., 2002]

En la Tabla 1, se reporta las importaciones de trigo por país hasta Mayo de 2008; donde Canadá ocupa el primer lugar con un volumen de 133.301 TM., seguido de Estados Unidos y Argentina con 67.180 TM y 41.857 TM, respectivamente y por último Perú con 41 TM. Así, las considerables importaciones de trigo se ven afectadas cuando existe una variación del precio del trigo en el país.

TABLA 1. Importaciones de trigo 2008 por país*

PAIS	VOLUMEN TM	VALOR CIF (MILES USD)
Argentina	41.857,00	19.695,00
Canadá	133.301,00	76.705,00
Estados unidos	67.180,00	31.283,00
Perú	41,00	7,88
TOTAL	242.378,00	127.691,00

Fuente: SICA. Ecuador: Importaciones de trigo 2008 por país. *A Mayo 2008.

De igual manera, en la Tabla 2 se detalla las importaciones de harina de trigo durante el periodo 2000-2008; siendo el último año, el que reportó mayor cantidad de harina de trigo importada como consecuencia del

incremento en el precio del trigo importado por lo cual el gobierno ecuatoriano tomó medidas correctivas al subsidiar la harina de trigo elevándose las importaciones provenientes de Argentina.

TABLA 2. Importaciones de harina de trigo 2000 – 2008

AÑO	VOLUMEN TM	VALOR CIF 000 USD
2000	296,00	93,00
2001	173,00	54,00
2002	851,00	229,00
2003	282,00	91,00
2004	198,00	81,00
2005	130,00	54,00
2006	175,00	81,00
2007	155,00	85,00
2008	26.690,00	14.240,00

Fuente: SICA. Ecuador: Importaciones de Harina de Trigo 2000-2008. SICA

La industria panadera es una de las más importantes en el país especialmente en la fabricación a nivel artesanal y semi-industrial; quienes se han convertido en los consumidores más importantes de harina de trigo elaborada por el sector molinero.

Rollin, E. (1962) destaca dos propiedades fundamentales que debe reunir una harina de trigo: las cualidades fermentativas y sus cualidades plásticas. Las primeras se refieren a la capacidad amilásica que debe poseer una harina y que modernamente se cuantifica por el número de caída; mientras que las cualidades plásticas están ligadas básicamente a la reología de la masa y se cuantifican mediante extensografía y farinografía; siendo hoy en día los métodos utilizados para estudiar la calidad de harinas.

Nuevas herramientas como el Mixolab, permiten caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado y temperatura,

por lo cual se busca la adaptación de las harinas en función de su uso final [Chopin Technologies, 2008]. A su vez, el alveógrafo mide la capacidad de la masa a tolerar el estiramiento durante el proceso de amasado; durante dicho análisis, la pieza de masa es inflada con aire presurizado, simulando la deformación que ésta sufre como consecuencia de los gases que se generan durante el proceso de reposo. [SAGARPA, 2007]

Aunque la mayoría de los productos de panadería se elaboran a partir de la harina de trigo, cabe la posibilidad de utilizar otros cereales con el mismo fin en niveles bastantes modestos. Como estos cereales contienen componentes que son improbables que contribuyan positivamente a la retención de gas o a la reología de la masa, la atención debe ponerse en la calidad de estas harinas y en el proceso de panificación que se utilizará.

Por lo dicho, es conveniente estudiar mezclas de harinas con diferentes cereales y tubérculos nacionales con el fin de obtener harinas de adecuadas características reológicas (gran estabilidad de la masa, reducir pegajosidad, buena tolerancia a la fermentación, fortalecimiento del gluten) que permitan elaborar panes y fideos con excelentes características organolépticas.

Además, este estudio permitirá reducir los volúmenes de importación tanto de harina de trigo como de su grano, de igual manera será una solución para los panaderos ya que se podrán utilizar las mezclas de harinas que darán similares resultados en la elaboración de pan y fideos, y proporcionará un mayor aporte nutricional para la población ecuatoriana que consuma productos elaborados a base de estos cereales.

Por otro lado, la ejecución de este proyecto ayudará a mejorar la calidad de vida de los productores de cereales, así la agroindustria retomará un papel importante en la economía del país.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

- Estudiar el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias.

1.4.2. Específicos

- Realizar análisis farinográficos: absorción de agua, desarrollo máximo de las masas, estabilidad al amasado, índice de tolerancia de las masas a través del uso del farinógrafo Brabender.
- Seleccionar las mejores mezclas de harinas de cereales y tubérculo mediante un análisis estadístico.
- Analizar las propiedades de tenacidad, extensibilidad y fuerza de las masas elaboradas a partir de las mejores mezclas de harinas.
- Caracterizar el comportamiento reológico de las mejores mezclas de harina de cereales y tubérculo, mediante el uso del mixolab.
- Evaluar la aceptabilidad del pan elaborado a partir de las mejores mezclas de harinas mediante un análisis sensorial.
- Sugerir la aplicación de las mezclas óptimas de harinas de cereales y tubérculo en la elaboración de productos panificables y fideos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Al revisar investigaciones previas que sirvan de soporte al nuevo estudio se puede citar los siguientes trabajos realizados en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato acerca de mezclas farináceas y su uso en la elaboración de productos panificables, así:

Según Morales y Villagrán (1978) “la harina de maíz desmejora la calidad panadera del trigo, pues a medida que aumenta el nivel de sustitución de este producto, se nota un descenso en la calidad panadera, tanto de las mezclas farináceas como del pan mismo”. Por lo que, las sustituciones con harina de maíz son realizables hasta porcentajes del 20% dependiendo de las variedades de maíz, sin que cambien las características físicas y de sabor del pan de trigo.

Sin embargo, el nivel de sustitución óptimo aconsejable, luego de haber evaluado las características farinológicas, de panificación y palatabilidad es del 10% para todas las variedades de maíz en estudio, puesto que a medida que el nivel de sustitución de harina aumenta, disminuye la estabilidad de la masa lo que incide negativamente en la

calidad harinera panadera, pues estas masas requieren de un manejo especial. Así también, a medida que aumenta el nivel de sustitución disminuye la resistencia al amasado. [Morales y Villagrán, 1978]

Zurita, A. (1975) considera que una harina debe tener valores elevados de absorción, desarrollo, estabilidad y valores bajos de tolerancia, la calidad de la misma es mayor cuanto más elevado es la cifra del índice valorimétrico. Las harinas corrientes de panificación deben tener por lo menos un valor de 30 como índice valorimétrico.

Pazmiño J. y Salavarría H. (1982) analizaron tres variedades de trigo nacional: Atacazo, Chimborazo y Romero 73, concluyendo que la harina constituida por el 15% de sustitución de la harina de la variedad Atacazo se presentó como la de mejor calidad panificadora, igualmente en las características reológicas se destaca la variedad Atacazo, la misma que resulta comparable en las propiedades farinográficas y extensográficas a la harina de trigo importado.

Sin embargo, Shuey indica que la simple operación de mezclado de varios trigos o harinas en varios porcentajes produciría un promedio aritmético de los valores obtenidos en los farinogramas individuales; sin embargo, esto no siempre es el caso especialmente cuando son diferentes tipos y variedades de trigo. [Pazmiño y Salavarría, 1982]

Markley y Stamberg indicaron que la absorción farinográfica decrece con incrementos del almidón en la masa. Este comportamiento fue atribuido a cambios en la capacidad de hidratación y carácter reológico del sistema. Se está de acuerdo que la absorción farinográfica es dependiente no solo de la capacidad de absorción de agua, sino también de la naturaleza reológica del material analizado. [Pazmiño y Salavarría, 1982]

Por otro lado, la calidad del trigo *Triticum monococcum* L (einkorn) fue estudiada y comparada con otros cultivares de trigo *T. durum* y trigo común.

Los resultados proporcionados mencionan que el gluten del *T. monococcum* L. fue débil, resultó poco extensible y muy pegajoso, con baja capacidad de retención de agua a comparación del trigo común y duro; asimismo, los análisis alveográficos del “einkorn” resultaron pobres y desbalanceados; sin embargo estos defectos pueden ser corregidos con la mezcla de trigos de mejor calidad y con técnicas apropiadas de procesamiento para la obtención de harina. [D’egidio, Nardi y Vallega., 1993]

Estudios sobre la reología y la textura de las masas permiten el control de calidad del producto final y orienta el diseño y la adaptación de nuevas tecnologías de proceso. Los modelos reológicos aplicados al estudio de masas de trigo y maíz han demostrado ser de utilidad para conocer la influencia de sus constituyentes, determinar su carácter viscoelástico y predecir cambios de la estructura del material durante su procesamiento y almacenamiento, entre otros. [Rodríguez et al., 2005a, b]

Investigaciones llevadas a cabo sobre harinas compuestas, adición de mejoradores y aditivos en harinas y análisis reológicos, entre otras; demuestran que se puede llegar a obtener harinas y productos de buena calidad, así:

El estudio de las propiedades reológicas para la elaboración de pastas a base de harina de quínoa se basó en la variación de parámetros como la cantidad de harina de quínoa presente en la mezcla, temperatura y porcentaje de agua en la masa. Se obtuvieron resultados óptimos para mezclas con 50% de harina de quínoa y 50% de harina de arroz, obteniendo valores de fuerza elástica de 167 N. Asimismo, se realizaron pruebas de resistencia para determinar el módulo de Young para las pastas elaboradas presentando un valor de $1,49 \cdot 10^{14}$ [N/m²] corroborando que para pastas con 50% de harina de quínoa existe una mejor elasticidad. [Jara C., 2006]

Asimismo, las características reológicas de la masa de pan redondo de corteza suave fresco con 11% (base harina) de fibra de soya fueron

evaluadas mediante el empleo del farinógrafo y el alveógrafo. La inclusión de la fibra produjo un deterioro de las características reológicas de la masa de harina de trigo, con excepción del aumento de la capacidad de absorción de agua. [Fernández, Álvarez, Piel, Rodríguez y González., 2007]

Costa y colaboradores (2008) analizaron la calidad tecnológica de granos y harinas de trigos nacionales e importados en Brasil. Para esto, se efectuaron análisis físico-químico (humedad, gluten húmedo, contenido mineral, falling number, peso hectolítrico) y farinográficos (absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad).

Los análisis farinográficos mostraron una diferencia significativa ($p < 0,05$) en la absorción de agua, tiempo de desarrollo y estabilidad entre las muestras de harinas de trigo nacional e importado. Además, los análisis farinográficos presentaron los valores más notables en la absorción de agua (54,43-59,30%) y estabilidad (10,0-24,75 minutos) para las harinas del trigo importado. Estos resultados mostraron calidad tecnológica baja para el trigo nacional y las harinas estudiadas, cuando se comparó con las muestras importadas. [Costa et. Al., 2008]

Además, el comportamiento reológico de harinas libre de gluten formuladas con harina de arroz y proteína de soya (SP) en presencia y ausencia de transglutaminasa (TG) fue evaluado mediante el Mixolab y ultrasonido. La masa fue sometida a cambios mecánicos debido al mezclado y calentamiento en el Mixolab y en paralelo a las medidas de atenuación de ultrasonido a dos diferentes temperaturas (25 y 65°C). Las principales diferencias fueron observadas durante el proceso de mezclado, donde SP y TG inducen a un importante incremento de la consistencia de la masa. [Rosell et al., 2009]

Por otra parte, se evaluó el efecto de diferentes hidrocoloides: hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), pectina (PC), goma guar (GG) y goma xanthan (XG) en el comportamiento de la masa de trigo utilizando el Mixolab.

La incorporación de HPMC produjo el mayor beneficio en el comportamiento de la masa de trigo durante el cizallamiento mecánico y temperatura resultando un incremento significativo en la absorción de agua, tiempo de desarrollo y estabilidad durante el mezclado y una disminución del debilitamiento de la masa en el calentamiento. [Rosell et al., 2007]

La calidad de harinas de trigo para elaborar parottas (pan típico de la India) fue evaluada mediante la relación entre las características alveográficas y la calidad de las harinas. Entre las características alveográficas, la tenacidad (P) fue altamente correlacionado a la fuerza de corte de la parotta ($r=0,938$). La energía de deformación de masa W está correlacionada a la textura ($r=0,892$) y la calidad total del pan ($r=0,872$) indicando que los valores alveográficos de G (índice de hinchamiento) y W (energía de deformación) podrían considerarse como indicadores de la calidad total de la parotta. [Indrani et al., 2007]

Sin embargo, la adición de diferentes hidrocoloides a la parotta mejora las características reológicas de las masas medidas con el farinógrafo, extensógrafo, alveógrafo y amilógrafo. Al parecer la goma guar es el hidrocoloide que muestra las mayores ventajas, seguido del HPMC, la goma xanthan, los carragenatos y por último la goma arábica. [Smitha et al., 2008]

Estudios sobre los efectos de la adición de transglutaminasa (TG) en las propiedades reológicas y térmicas de la masa de avena fueron evaluados mediante el uso del mixolab, reómetro y DSC. TG tuvo distintos efectos en la absorción de agua, comportamiento viscoelástico y estabilidad térmica. La masa también exhibió un decremento en el número de grupos amino libres después del tratamiento TG, confirmando que los enlaces de la proteína son catalizados por TG. Utilizando la técnica SDS-PAGE (electroforesis en gel de poliacrilamida de sulfato dodecyl de sodio) se analizó los efectos de TG sobre las fracciones proteicas de la harina de avena, mostrando que tanto albúmina como prolamina fueron buenos sustratos para TG. [Huang et al., 2010]

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Al tratarse de una investigación experimental, donde se busca la explicación, predicción y control de fenómenos físicos y químicos; el enfoque del estudio se lo puede relacionar a una dirección positivista, donde la generalización científica se basa en leyes naturales inmutables.

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

En particular, asume la existencia de un método específico para conocer la realidad y propone el uso de dicho método como garantía de verdad y legitimidad para el conocimiento. Desde esta perspectiva se considera que el método científico es único y el mismo en todos los campos del saber, por lo que la unidad de todas las ciencias se fundamenta en el método: lo que hace a la ciencia es el método con el que tratan los “hechos”.

El enfoque, además, se haría en conformidad a la corriente crítico-propositivo, es decir, que se basa en una comprensión de la investigación, en identificar los cambios y una interacción renovadora.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Las pruebas de panificación se basaron en el método descrito en la NTE INEN 530:1980: Ensayos de panificación (Anexo A-1).

Para los análisis farinográficos, alveográficos y reológicos, los métodos que se llevaron a cabo están basados en los manuales de funcionamiento de los equipos BRABENDER (farinógrafo) y CHOPIN Technologies (mixolab y alveógrafo), acorde al método AACC (American Association of Cereal Chemistry) e ICC (International Association of Cereal Chemistry), así:

Farinografía

Anexo A-2

Comportamiento reológico (Mixolab)

Anexo A-3

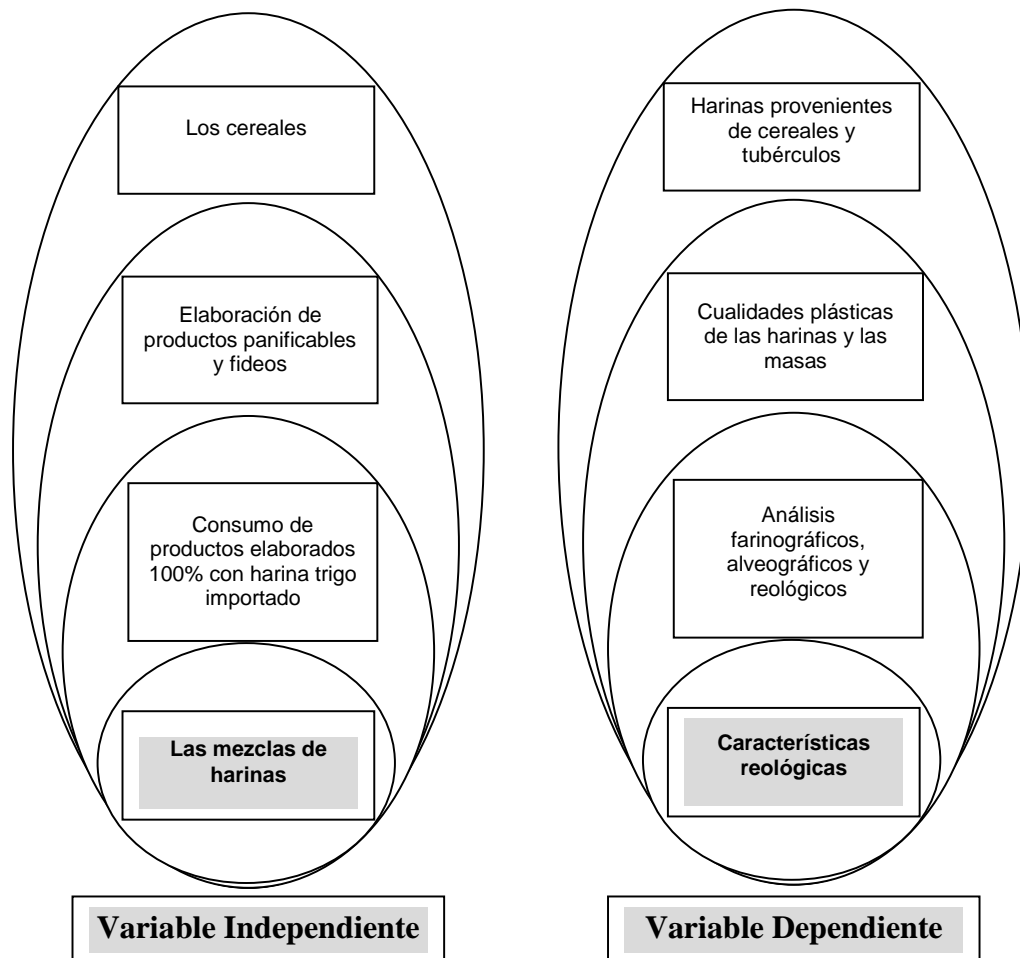
Alveógrafo Chopin

Anexo A-4

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

El gráfico 2 presenta la Red de Inclusiones, donde mediante una relación de jerarquía, se abarcan los elementos que describen a las variables: dependiente e independiente, así:

GRÁFICO 2. Red de Inclusiones



Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

2.4.1. Los cereales

Los cereales constituyen la fuente de nutrientes más importante de la humanidad. Los más utilizados en la alimentación humana son el trigo, el arroz y el maíz, aunque también son importantes la cebada, el centeno, la avena y el mijo. [Rico M., 2000]

Según Rico (2000) los cereales y sus derivados son ricos en carbohidratos tanto de absorción rápida (tras la ingestión pasan a la sangre en poco tiempo) como de absorción lenta (fibra). El contenido de la fibra varía según el proceso industrial de preparación.

El contenido proteico es muy variable, entre un 6 y un 16% del peso, dependiendo del tipo de cereal y del procesamiento industrial. La composición en aminoácidos de las proteínas de los cereales depende de la especie y variedad; en general son pobres en aminoácidos esenciales, por lo que se las cataloga de proteínas de moderada calidad biológica.

El contenido en grasas de los cereales naturales es muy bajo; algo más el del maíz cuyo contenido en grasa es del 4% aproximadamente y por ello se utiliza para obtener aceite.

Los cereales contienen minerales como el calcio, fósforo (aunque la presencia de ácido fólico interfiere parcialmente su absorción), hierro y en menor cantidad potasio. Contienen también todas las vitaminas del complejo B. Carecen de vitamina A (excepto el maíz amarillo que contiene carotenos). La vitamina E está en el germen que se pierde con la molienda del grano y la vitamina B1, es abundante en el salvado. De todas formas, la mayor parte de los cereales de uso más común sobre todo infantil como los copos de cereales del desayuno y diversa bollería están enriquecidos artificialmente con vitaminas. [Rico M., 2000]

En la Tabla 3 se muestra el análisis proximal de las diferentes harinas de cereales y tubérculo utilizadas para la caracterización reológica de las masas. Es evidente que hay diferencias notables entre las variedades ya que se observa en el caso de la quinua mayor contenido en carbohidratos, proteína y grasa, mientras que el maíz tuvo mayor cantidad de fibra; sin embargo el trigo importado CWRs#1 es el cereal que presenta las mejores características para la elaboración de pan y fideos.

TABLA 3. Análisis proximal de harinas de cereales y tubérculo

Harina	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra (%)
Trigo Importado CWRs#1	12,08	81,84	15,33	1,54	0,73	0,57
Trigo Nacional Cojitambo	12,73	87,58	9,10	1,29	0,92	1,11
Cebada Nacional Cañicapa	12,83	85,47	10,24	2,17	1,42	0,70
Maíz Nacional Iniap-122	9,07	83,64	7,68	4,50	1,59	2,60
Quinua Nacional Tuncahuán	11,65	70,39	16,63	8,43	2,55	2,00
Papa Nacional Gabriela	10,23	84,66	8,40	0,90	4,38	1,66

Fuente: INIAP 2009. Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

2.4.1.1. Cebada

El cereal que más se germina en el mundo es la cebada (*Hordeum vulgare*) debido a que éste es el que más poder diastásico (actividad enzimática) produce una vez germinado, alcanzando una producción mundial de 142,8 millones de toneladas en el año 2008. El uso principal de la cebada es para la elaboración de cerveza y bebidas alcohólicas, pero también se la utiliza en la obtención de maltas para panificación y otros usos alimentarios. Otra forma de consumir cebada es a través de su harina. [Borneo R., 2008] [Perotti E., 2009]

Tiene más proteína que el trigo, pero tiene mucho menos gluten. Por esta razón los panes de cebada son más compactos y menos esponjosos. La mezcla que se hace en muchas regiones con harina de trigo, resulta muy benéfica: la cebada aporta su mayor riqueza en lisina (aminoácido limitante en el trigo), con lo cual el pan gana en valor proteico y la textura se hace más liviana. [Palmetti N., 2006]

La cebada es muy buena fuente de inositol, que evita la rigidez de los capilares, regula el colesterol, protege el sistema nervioso; además posee vitaminas del grupo B, ácido fólico, colina y vitamina K. En materia de minerales, la cebada es buena fuente de potasio, magnesio y fósforo, pero su mayor virtud es la riqueza en oligoelementos: hierro, azufre, cobre, cinc, manganeso, cromo, selenio, yodo y molibdeno. Además, la cebada es el cereal mejor dotado de fibra (17%) y sobre todo en materia de fibra soluble (betaglucanos). Esto la convierte en alimento ideal para estados carenciales y para el proceso de crecimiento. [Palmetti N., 2006]

A pesar del importante valor nutritivo de este cereal, la producción de cebada nacional no incrementa sus cifras desde el año 2003. Actualmente, la cebada ecuatoriana llega a las 25 mil toneladas anuales en las 40 mil hectáreas cultivadas, es decir, 0,6 TM por hectárea. El motivo por el cual el cultivo de este cereal es tan bajo es el número de productores que lo trabajan y la capacidad de sus terrenos, a pesar de que se ha constituido en el alimento básico de las poblaciones rurales y, después del maíz, es el de más amplia distribución, con un consumo que alcanza el 46% de la producción nacional. [Diario Hoy, 2009], [Diario Los Andes, 2009]

2.4.1.2. Maíz

El maíz es otro de los tres grandes y principales cereales del mundo actual, junto al trigo y arroz constituyen los llamados cereales principales, es decir, aquellos mayoritariamente cultivados y consumidos en el mundo con una producción anual de 766 millones de toneladas en el periodo 2007/2008

[Quirós-Mora, 2009]. Su principal uso es la elaboración de balanceados, debido a que el maíz no origina harinas panificables, ya que no contiene las proteínas que conforman el gluten al amasarse con agua, por lo que es aconsejable mezclarla con otras harinas. [Consumer Eroski, 2009].

Este cereal se compara favorablemente en valor nutritivo con respecto al arroz y al trigo; es más rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutricional más pobre son las proteínas: cerca de la mitad de las proteínas del maíz están compuestas por zeína la cual tiene un bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano. El maíz contiene de un 60 a un 70% de almidón y azúcares; además de un 10% de sustancias nitrogenadas y de un 4 a 8% de materias grasas. [Paliwal R., 2009].

La producción de maíz duro en el Ecuador está destinada en su mayoría (70%) a la industria de alimentos de uso animal; el segundo destino lo representan las exportaciones (22%) y la diferencia la comparten el consumo humano y la producción de semillas. De ahí, la superficie anual dedicada al cultivo de maíz es de 350 mil Has. Las provincias maiceras son las siguientes: el 35% del área maicera se siembra en Manabí, un 27% en Los Ríos y un 23% en Guayas. [Rizzo P., 2000]

2.4.1.3. Papa

La papa es uno de los productos básicos más consumidos del planeta por detrás del arroz, el trigo y el maíz; es el principal cultivo mundial no cerealero con una producción total que alcanzó un récord de 325 millones de toneladas en el año 2007. [Nutrinet, 2009]

Las papas presentan un contenido en carbohidratos, proteínas y energía intermedia que se observa en frutas, hortalizas y cereales. En cuanto al tipo de carbohidratos las papas se parecen más a los cereales ricos en almidones; por su parte la proteína de la papa presenta un valor biológico

superior a la de los cereales, lo cual se debe a su mayor contenido en lisina aminoácido limitante en la proteína de los cereales. El contenido en lípidos no tiene importancia nutricional en las papas similarmente al resto de los grupos de alimentos considerados. [Petryk N., 2009]

Sin embargo, en contraste con los cereales las papas tienen vitamina C en cantidades similares a las que se observan en muchas frutas y hortalizas. Dentro de las vitaminas del complejo B destacan la tiamina y el ácido nicotínico observándose concentraciones sólo comparables a las de los cereales integrales. En cuanto a los minerales destaca el K ya que las concentraciones son superiores al de los grupos de alimentos considerados. [Petryk N., 2009]

Durante el año 2007, la superficie cosechada de 44.030 hectáreas originó un volumen de producción de 429.119 TM, lo que significa que nuestro país tiene una alta producción de este tubérculo destinado a la elaboración de alimentos y al consumo diario por parte del pueblo ecuatoriano. [SICA, 2007]

2.4.1.4. Quinua

La Quinua es un pseudo cereal originario de los valles de la Zona Andina, formando parte importante de la dieta alimenticia de las comunidades por su alto valor nutritivo, especialmente proteico y su adaptabilidad a condiciones ambientales adversas, alcanzando una producción mundial de 54 mil toneladas anuales para el año 2002. [SICA, 2009a] [Cazar-Alava, 2004]

La quinua es el cereal de mayor y más completa composición en aminoácidos que existen sobre el planeta. Contiene los 20 aminoácidos (incluyendo los 10 esenciales) especialmente la lisina, que es de vital importancia para el desarrollo de las células del cerebro, los procesos de aprendizaje, memorización y raciocinio así como para el crecimiento físico;

en promedio la quinua contiene hasta 400% más de lisina que el trigo y el maíz. [Feed W., 2009]

El valor calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 cal/100g., que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. Además, no contiene colesterol ni gluten: una gran ventaja porque el gluten está presente en los demás cereales e impide que las personas alérgicas a esta sustancia puedan ingerirlos. Asimismo, proporciona minerales y vitaminas naturales, especialmente A, C, D, B1, B2, B6, ácido fólico, niacina, calcio, hierro y fósforo. [Feed W., 2009]

En el período 2000 – 2006, en promedio, el Ecuador contó con una superficie cosechada de 914,14 Ha. de quinua/año, con una producción de 516,00 Tm. y un rendimiento de 0,56 Tm/Ha, dichos promedios son considerados bajos reflejando que el cultivo de la quinua en el país sigue siendo de subsistencia o autoconsumo; así, este cereal es consumido por la población en general, con mayor incidencia en la Sierra por los propios productores de las zonas rurales y por los estratos de población medio y bajos que lo adquieren en mercados, ferias, tiendas y supermercados. [SICA, 2006]

2.4.1.5. Trigo

El trigo es la planta más ampliamente cultivada del mundo, es la cosecha más importante de los Estados Unidos y Canadá y crece en extensas zonas en casi todos los países de América Latina, Europa y Asia. [Garza A., 2007]. La producción mundial de trigo en la campaña 2009/marzo 2010 totalizó 678 millones de TM, siendo los principales productores: Unión Europea 20,41%, China 16,88%, India 11,89%, Rusia 9,1%, EE. UU. 8,89%, Canadá 3,9% [Agropanorama, 2010]

Canadá es el mayor exportador del trigo duro rojo de primavera del mundo. El trigo CWRS (trigo rojo de primavera del oeste de Canadá) es conocido por sus excelentes características de molienda y panificación, con una pérdida mínima de proteína en la molienda. Además, como el gluten de este trigo es fuerte, se usa bastante en mezclas con otros trigos más débiles y solo, para elaborar toda una gama de productos como el pan tipo francés, fideos, panes sin levadura y panes horneados al vapor. [SICA, 2005]

De acuerdo con cifras no oficiales, el cultivo de trigo en el Ecuador para el año 2008 bajó de las 10.000 hectáreas. Los últimos datos reales son del año 2007, cuando se registraron 14.000 hectáreas del producto en el país y con una marcada tendencia a la baja, según datos del Servicio de Información y Censo Agropecuario (SICA) [Moreira G., 2009]. Este nivel de producción es insuficiente para cubrir con la demanda interna que se acerca a las 500 mil toneladas anuales, es decir, que la producción solo alcanza para cubrir entre el 2% y el 3% de los requerimientos de los molinos. [Diario Hoy, 2007]

El valor nutritivo del trigo siempre ha sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aporta con hidratos de carbono (fibra cruda, almidón, maltosa, glucosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina y gluteínas), lípidos (ác. grasos: mirístico, palmítico, esteárico, oléico, linolénico, linoléico), sustancias minerales (K, P, S) y pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y del complejo B), enzimas (β -amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos. [Garza A., 2007]

Casi todo el trigo se destina a la fabricación de harinas para panificación y pastelería. En general, las harinas procedentes de variedades de grano duro se destinan a las panificadoras y a la fabricación de pastas alimenticias, y las procedentes de trigos blandos a la elaboración de masas pasteleras. [Venegas Y., 2005]

El trigo se usa también para fabricar cereales de desayuno y, en menor medida, en la elaboración de cerveza, whisky y alcohol industrial. Los trigos de menor calidad y los subproductos de la molienda y de la elaboración de cervezas y destilados se aprovechan como piensos para el ganado. [Venegas Y., 2005]

Según Brandt (2005) para la elaboración de un buen pan, la harina debe proceder en gran proporción de trigos fuertes, puesto que esta harina se caracteriza por su satisfactoria cantidad y calidad de proteína, fuerza y estabilidad de masa, adecuada producción de gas y actividad amilásica, contenido de humedad menor a 14% para almacenarla con seguridad y buen color.

Por tanto, es fácil entender que los productos de la molinería requieren un control adecuado de las características esenciales de sus propias materias primas. En este contexto, la harina de trigo que constituye el ingrediente principal, amerita un estudio particular ya que ejerce influencia decisiva sobre las características del producto terminado y más aún, una evaluación previa permitirá determinar su uso más adecuado en una u otra industria o quizás la necesidad de realizar mezclas. [Ulloa A., 2000]

2.4.2. Pan y pastas alimenticias

Hoy en día, el trigo y en general, todos los cereales forman la principal base alimenticia de nuestros hogares, puesto que su preparación agroindustrial y tratamiento culinario son sencillos y de gran versatilidad, desde el pan o una pizza hasta miles de dulces diferentes. Su consumo es adecuado para cualquier edad y condición. [Rico M., 2000]

En nuestro ambiente la forma de consumo de los cereales es muy variada: pan, bollería, pasteles, pastas, copos o cereales expandidos, pero también sirven como materia prima para industrias de bebidas alcohólicas como la cerveza o el whisky. [Rico M., 2000]

2.4.2.1. Pan

El sector de la panificación constituye una parte sustancial en la industria alimentaria, está arraigado en todos los países industrializados y en rápida expansión en las zonas del mundo en desarrollo. La principal atracción que la panadería ejerce en los consumidores es la gran variedad de productos que puede poner a su disposición. [Navas G., 2009]

Hoy en día el pan, en sus múltiples formas, es uno de los alimentos más ampliamente consumidos por la humanidad, tradicionalmente elaborado a partir de harina de trigo y en la actualidad elaborado con otros tipos de cereales que pueden molerse para obtener harina, pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa viscoelástica que se transforma en pan, queda limitada al trigo y otras pocas semillas de cereales de uso común. [Cauvin S., 1998]

El pan se hace de una masa cuyos principales ingredientes son: harina de trigo, agua, levadura, azúcar y sal. Se puede añadir otros ingredientes como harina de otros cereales, grasa, harina de malta, harina de soja, alimentos de levadura, emulsionantes, leche y productos lácteos, fruta, gluten y muchos más. [Quiminet, 2006]

2.4.2.1.1. Características del Pan

Se usa el término pan para describir una variedad de productos de diferente forma, tamaño, textura, corteza, color, grado de firmeza, sabor y aroma y calidad sensorial. Las características de tales productos son diversas y, por ello, no tienen sentido los términos de calidad buena o mala, excepto para el juicio de un atributo en particular. Una baguette no es una baguette si no tiene una corteza crujiente, mientras que esa condición sería inaceptable en el típico pan norteamericano. [Cauvin S., 1998]

Las características del pan y otros productos fermentados dependen de la formación de la red de gluten en la masa, no sólo para atrapar el gas procedente de la fermentación sino también porque contribuye directamente a la formación de una estructura alveolar en la miga que, tras el horneado, confiere una textura y palatabilidad diferente a la de otros productos horneados. [Cauvin S., 1998]

Entre las características externas que con más frecuencia se estiman son las dimensiones, el volumen, la apariencia, el color y la formación de la corteza. Las dimensiones críticas para la mayoría de los panes son la longitud y la altura, éstas se pueden medir a través de reglas o cintas graduadas. La apariencia externa del producto, el color y formación de la corteza se estiman por el contraste entre las áreas oscuras de la corteza y las más claras que se forman después de horneado y comúnmente se valoran mediante técnicas descriptivas. [Cauvin S., 1998]

El volumen del pan no depende solamente de la calidad de la harina, sino también de la manipulación del panadero. Todas las harinas fuertes necesitan un periodo de fermentación mucho más largo que las harinas flojas, para producir pan bueno y voluminoso y es el grado de fermentación que resiste una harina lo que decide la calidad de ésta. Es estabilidad más que fuerza lo que una harina necesita puesto que debe formarse una masa suficientemente estable para conservar su forma después de ser moldeada. [Benion E., 1970]

Factores que atribuyen la falta de volumen son: masas duras, exceso de sal, falta de maduración, harina floja, harina vieja, levadura que ha sufrido un aumento de temperatura, harina recientemente molturada, insuficiencia de maduración final, masas frías, excesivo trabajo mecánico, horno demasiado caliente, falta de vapor en el horno. El exceso de volumen puede ser causado por: fermentación o maduración final excesiva, sal insuficiente con harina fuerte bien fermentada, horno frío, masas blandas con alto contenido de levadura. [Benion E., 1970]

Por otro lado, el interés principal de las características internas del pan se limita normalmente al tamaño, número y distribución de los alveolos en la miga. La estructura de la miga en la mayoría de los panes horneados deducirá que el factor común de todas las variedades es la formación de alveolos de diferentes forma, tamaño y distribución; cada alveolo está rodeado por una red de hebras conectadas entre sí, gluten coagulado en la que los gránulos de almidón y las partículas de salvado están firmemente incrustados. [Cauvin S., 1998]

La textura de la miga del pan es de interés debido a las propiedades mecánicas de la misma, como firmeza y elasticidad y a menudo se trata de ligar estos parámetros con características asociadas a la palatabilidad/masticabilidad mediante la adaptación de los más fundamentales métodos físicos de análisis. [Cauvin S., 1998]

Otros factores que intervienen en la calidad sensorial del pan son el sabor y aroma. El desarrollo de estos atributos en los productos fermentados proviene de un buen número de fuentes diferentes, entre ellas se puede citar la contribución de los ingredientes y la de los métodos de panificación que se utilicen. Muchos de los ingredientes que se usan en la fabricación de productos fermentados contribuyen significativamente al sabor y aroma de los mismos, además de los compuestos volátiles formados durante la fermentación. [Cauvin S., 1998]

2.4.2.2. Pastas

Se denomina genéricamente Pastas Alimenticias o Fideos a los productos no fermentados obtenidos por el empaste y amasado mecánico de sémolas, semolín o harinas de trigo con agua potable con o sin la adición de sustancias colorantes autorizadas a este fin, con o sin la adición de otros productos alimenticios de uso permitido para esta clase de productos. [Arqueros V., 2009]

La pasta es una forma especial de utilización de los cereales en la alimentación humana ya que se fabrica con harina de trigos duros, más ricos en proteínas que las procedentes de los blandos, con los que habitualmente se hace el pan. Existen, además, otras diferencias entre el pan y las pastas. Una es que el pan es un producto fermentado y otra, que tiene mayor contenido en agua que la pasta. El bajo contenido hídrico de la pasta favorece su conservación durante largo tiempo, sin pérdida de las características organolépticas y nutritivas. [Garza A., 2007]

Varios estudios han determinado la factibilidad de elaborar pastas alimenticias utilizando harinas procedentes de otros cereales. Ruales (2004) realizó estudios para elaborar un fideo 100% de quinua y demostró que la elevación de las temperaturas tuvo efectos positivos al incidir en la reducción de las pérdidas en agua de cocción, en el mejoramiento de la superficie y en el reforzamiento de las propiedades de consistencia del producto, aunque se registró un oscurecimiento del color. Sin tomar en consideración ese cambio de tonalidad, se concluyó que “la calidad del fideo 100% de quinua puede ser igual o superior a la pasta de trigo comercial”. [Diario Correo, 2006]

Por otro lado, Granito et al. (1998) sustituyó la sémola de trigo hasta en un 30% por harina de germen desgrasado de maíz, auyama fresca y clara de huevo deshidratada, logrando incrementar en 4 veces el contenido de lisina, 3 veces el de fibra insoluble y 2 el de fibra soluble. Asimismo, el contenido de todos los minerales estudiados, (Ca, Fe, K, P, Zn, Mg, Cu) se incrementó de forma significativa. [Granito M. et al, 2003]

De igual manera, los fideos orientales se preparan con harina de arroz, de trigo sarraceno (como en los fideos japoneses soba), de soja (los fideos japoneses harusame) y cualquier sustancia almidonada como el arrurruz. [Infojardín, 2009]

En la actualidad, la pasta presenta una amplia variedad de formas y tamaños. Cada tipo tiene una textura especial y su propio tiempo de cocción.

Son muy conocidos los fideos, macarrones, espaguetis, así como las pastas de los raviolis, canelones o lasaña. [Peña J., 2009]

2.4.2.2.1. Características de las Pastas

Una pasta en su punto debe estar cocida al dente, es muy importante cuidar este detalle porque de esta forma la pasta resulta mucho más sabrosa y saludable para el organismo. La expresión *al dente* quiere decir que al morder un trozo de pasta se debe encontrar el exterior blando y el interior duro. [Rodríguez M., 2003]

El punto justo de cocción, según han demostrado las investigaciones llevadas a cabo por O'Deal y Nestel, aumenta la viscosidad y favorece la acción de las amilasas, poderosas enzimas segregadas por el páncreas que resultan fundamentales para conseguir una buena y sana digestión. Por lo tanto, si las pastas están demasiado cocidas, pierden consistencia, su sabor no se fusiona tan fácilmente con las salsas que las complementan y la digestión resulta más lenta. [Rodríguez M., 2003]

Además, es importante tomar en cuenta otras características para la conservación del producto final, como el contenido de agua que no debe ser superior al 14% en peso y su acidez no mayor de 0,45/Hg. expresada en ácido láctico. [Arqueros V., 2009]

2.4.3. Mezclas de trigo con harinas de otros cereales

No hay duda que la bondad del pan depende sobre todo de su sabor, pero también hay otros factores que influyen sobre el sabor mismo y sobre su aspecto apetecible, que también están en relación con la blancura de la miga y con la cualidad de crujir de la costra, estos son la elasticidad de la red glutínica y del desarrollo de anhídrido carbónico [Rollin E., 1962].

La mayor parte del pan producido en la actualidad se obtiene a partir de la harina de trigo que por su riqueza en gluten, permite elaborar un pan más ligero y sabroso. Los panes elaborados a partir de otros cereales menos ricos en gluten, como el centeno, son más densos y resultan más pesados. [Botanical. 1999a]

Según Rollin (1962), si una harina de trigo ofrece altas cualidades panificables (harina fuerte) podrá soportar en mezcla un porcentaje de harina de otro cereal más elevado; viceversa, si la harina de trigo es de débiles cualidades panificables (harina débil) el porcentaje deberá ser reducido; por tanto, tratando con el mismo porcentaje de mezcla de harinas de trigo de cualidades panificables diversas, se obtendrán productos de panificación diversos.

2.4.3.1. Mezclas con harina de cebada

El pan de cebada fue más utilizado que el resto de panes en la antigüedad hasta que los Romanos lo reemplazaron por el pan de trigo que fue utilizado por las clases más acomodadas mientras los pobres seguían comiendo pan de cebada, especialmente durante la Edad Media. En los países occidentales la cebada se utiliza fundamentalmente para la producción de cerveza y malta. Otras veces se añade un poco de cebada malteada a la pasta del pan de trigo para incrementar la acción de las levaduras. En países de Oriente próximo el pan de cebada se utiliza con frecuencia. [Botanical, 1999b]

La cebada contiene cantidad considerable de materia proteica, pero no de gluten, por lo que un pan hecho con su harina resulta pesado, la miga húmeda y sin elasticidad; la costra toma un color pardo rojizo y de digestión menos fácil que el de trigo y centeno [Rollin E., 1962]. Asimismo, la cantidad de pentosanos presentes en esta harina [Proyecto PHPPF, 2009] podría afectar la capacidad de absorber agua y las propiedades reológicas de la masa y características de productos panificables. [Panera, 2009b]

Sin embargo, algunos la mezclan con harina de trigo para lograr panificados más nutritivos, dado el aporte del aminoácido lisina (carente en el trigo) que brinda la cebada, con lo cual el resultado es de superior calidad proteica. [Palmetti N., 2006]

2.4.3.2. Mezclas con harina de maíz

Rollin (1962) menciona que el grano de maíz difiere sustancialmente del trigo, tanto por la forma, como el color y su composición. No contiene las proteínas que ligándose entre sí forman el gluten y, por lo tanto, la masa de harina de maíz sola no tiene cohesión, no resiste el esfuerzo de tracción, no es elástica.

A partir de la harina de maíz integral o refinada, se puede elaborar pan si se combina con harina de trigo. El maíz carece de gluten por lo que no puede utilizarse este tipo de harina como ingrediente exclusivo en la fabricación de panes si no se combina con otras harinas panificables (trigo, centeno). [Botanical, 1999b]

El horneado en el pan elaborado con harina de maíz es un punto de control importante puesto que el porcentaje de azúcares en la harina de maíz es superior al de la harina de trigo, por lo que se observa más acentuada la caramelización de todas las partes de la costra. Por consiguiente, se deberán adoptar temperaturas de horneado más bajas en un 15%, así se evitará una coloración demasiado vivaz y un endurecimiento demasiado acentuado en la costra. [Rollin E., 1962]

2.4.3.3. Mezclas con harina de papa

La papa contiene una importante cantidad de agua y casi en la misma proporción cruda que cocida. La papa puede ser puesta en la harina de trigo, para la elaboración de pan, de diversas maneras: en estado natural, precocida o en forma de fécula o bien en copos de patata. [Rollin E., 1962]

El pan de papa es un alimento que permite la asimilación proteica de sus ingredientes en mayor cantidad que los elaborados con harina de trigo únicamente. Se estima que los panes de trigo tienen una menor digestibilidad proteica en comparación al pan de papa, ello significa que el uso de la papa en la mezcla para hacer pan logra que casi la totalidad de las proteínas existentes en el pan sean asimiladas por el cuerpo y en forma más rápida. [El Comercio, 2008]

El pan de papa se elabora con tubérculos sancochados y prensados antes de ser mezclados con la harina de trigo, en el que se mezclan un 30% de harina de papa y un 70% de harina de trigo, fortificado con hierro. También se ha logrado obtener panes con papa compuestos en un 50% por harina de papa y un 50% por harina de trigo. [El Comercio, 2008]

2.4.3.4. Mezclas con harina de quinua

La harina de quinua es utilizada para enriquecer harinas de panificación en la elaboración de pan (aunque carece de gluten puede ser panificable mezclándolo con harina de trigo), galletas, pastas, barritas, tartas, batidos, pasteles, spaghetti, etc., aportando un alto valor nutritivo, ya que es un cereal que contiene los 10 aminoácidos esenciales. [Tripod, 2009]

Según Nieto (1982, 1991), Ballón (1982), Ruales (1992) y Jacobsen (1993), citado por FAO (2003), diferentes pruebas en la Zona Andina, y fuera de ella, han mostrado la factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta 40% de harina de quinua en pan, hasta 40% en pasta, hasta 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas.

Se utiliza además en la elaboración de salsas y alimentos rebozados, enriqueciéndolos para suplir algunas deficiencias nutritivas y aportando un sabor muy agradable así como una textura fina y especial. [Tripod, 2009]

2.4.4. Reología de las masas

La Reología puede definirse como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de materiales causadas por la aplicación de un esfuerzo. El comportamiento reológico de los alimentos es muy complejo y a la vez desempeña un papel muy importante en muchos sistemas de proceso. [Ramírez J., 2006]

Varias son las razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos: para el diseño de plantas, en el cálculo de operaciones básicas para transferencia de calor, masa, cantidad de movimiento y dimensiones de tuberías y válvulas. También se aprovechan para control instrumental de calidad del material crudo previo al procesamiento, de productos intermedios durante la manufactura, y de los productos finales después de la producción. Sirven para evaluar la calidad preferida por el consumidor por medio de correlaciones entre las medidas reológicas y pruebas sensoriales. Permiten elucidar la estructura o composición de alimentos y analizar los cambios estructurales que ocurren durante un proceso. [Alvarado J., 1996]

Es evidente de la experiencia común, que los alimentos reaccionan de forma muy diferente ante la aplicación de un esfuerzo. Unos son duros y se rompen bruscamente ante un esfuerzo elevado, como el turrón. Otros se deforman para acabar rompiéndose, como la gelatina. Otros, sin embargo, fluyen de diversas formas como la leche, mayonesa, purés o masa del pan, requiriendo o no superar un nivel de esfuerzo inicial frente al que pueden o no deformarse antes de fluir, estos son conocidos como materiales viscoelásticos. [Fernández J., 2004]

2.4.4.1. Materiales viscoelásticos

Son los de comportamiento más complejo, ya que se encuentran entre sólidos elásticos y fluidos con cualquier comportamiento reológico. Esta mezcla de propiedades puede ser debida a la existencia en el líquido

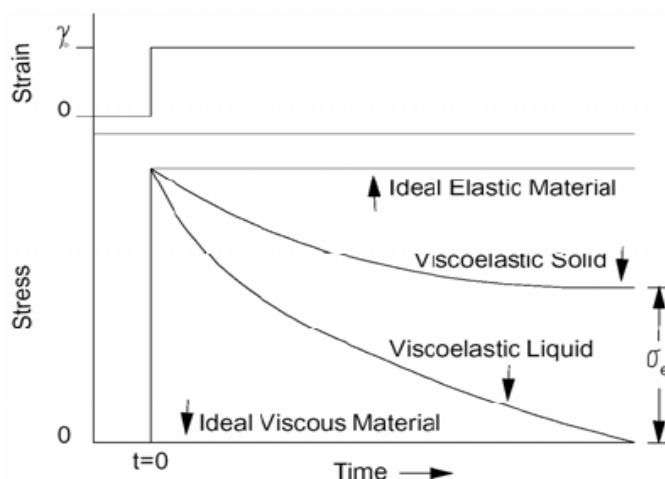
de moléculas muy largas y flexibles o también a la presencia de partículas líquidas o sólidos dispersos. [Ramírez J., 2006]

El material viscoelástico se comporta de la siguiente forma:

- Ante la aplicación de un esfuerzo, un material viscoelástico responde deformándose instantáneamente con algún comportamiento elástico, la tensión aplicada produce una deformación.
- A partir del instante cero, el material fluye de acuerdo a un modelo reológico de forma que la tensión se relaja al aproximarse el material a una nueva posición de equilibrio.
- Si el esfuerzo cesa en cualquier momento antes de la relajación, el material se retrotrae recuperando algo de su forma inicial.

Este comportamiento se puede apreciar en la figura 1, donde se indica que todo fluido es algo viscoelástico. Sin embargo, la viscoelasticidad solo se hace notar cuando el tiempo de relajación es apreciable.

FIGURA 1. Relación de curvas de esfuerzo



Fuente: Ramírez J., 2006.

Alimentos como purés vegetales y prácticamente todas las masas para la fabricación de galletas, dulces, bollería y todo tipo de productos horneados o fritos son viscoelásticos. Modelar el comportamiento

viscoelástico es una cuestión de primera magnitud en el diseño de sistemas de extrusión y laminado de masas ya que la retrogradación típica de los materiales viscoelásticos provoca que los productos sean más cortos y gruesos que los proyectados, alterando profundamente los parámetros de horneado o fritura subsiguientes. [Fernández J., 2004]

Muller (1973) menciona que el modelo viscoelástico más simple puede representarse por medio de un muelle y una caldera llena de líquido con un émbolo que se mueve alternativamente en sentido ascendente y descendente, pero estos componentes se pueden acoplar en serie o en paralelo. Acoplados en serie, representan esencialmente un líquido y el modelo suele denominarse modelo Maxwell; en paralelo representan un sólido y se le conoce como modelo Kelvin-Voigt. Ambos modelos pueden acoplarse a su vez en serie para el modelo de Burgers, cuyas características se parecen a las de diversos productos alimenticios.

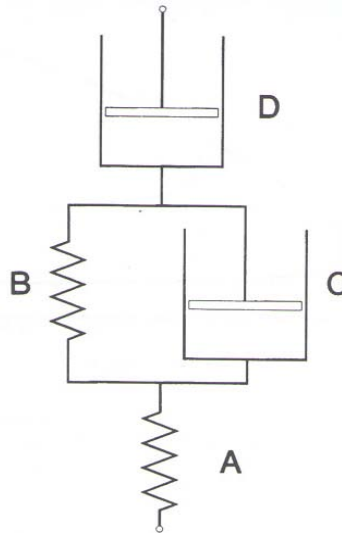
2.4.4.1.1. Masas de Harinas

Muller (1973) señala que si se mezcla agua y harina de trigo en proporciones adecuadas se obtendrá una masa. Si la masa se estira mediante la tracción de sus extremos, se alargará y parecerá fluir como un líquido viscoso. Si se deja libres los extremos, la tira de masa se contraerá como una pieza blanda de goma, pero la recuperación elástica será solo parcial: la tira de masa no adquirirá su longitud original. Este experimento demuestra que la masa exhibe simultáneamente las propiedades viscosas propias de un líquido y las elásticas características de un sólido, por tanto la masa es viscoelástica.

Por otro lado, Cauvin (1998) afirma que el modelo mecánico más simple que se puede emplear para interpretar los estudios reológicos que versan sobre la masa panaria es el cuerpo de Burgers (Figura 2). Cuando la tensión se aplica a la masa, la respuesta inmediata es una deformación elástica (elemento A), seguido de una respuesta elástica retrasada debido al

estiramiento del elemento b al sufrir el elemento C un flujo viscoso. El flujo viscoso del elemento D relaja la deformación elástica instantánea de A.

FIGURA 2. Modelo mecánico de la Reología de la masa panaria a través del cuerpo de Burgers



Fuente: Cauvin, S. 1998.

Cuando se deja de aplicar la tensión, cualquier deformación elástica remanente de A desaparece inmediatamente. La supresión de la deformación sobre el elemento B se alivia solo cuando C experimenta un flujo viscoso (en la dirección opuesta). No existe fuerza alguna que invierta el flujo que ha tenido lugar en D, de tal forma que esa deformación de la masa permanece cuando se alcanza el equilibrio final. [Cauvin S., 1998]

Tronsmo et al. (2003), estructuralmente considera que la masa de trigo es un sistema complejo donde la interacción entre las proteínas hidratadas, la matriz de almidón y las interacciones almidón-proteína influyen en sus propiedades viscoelásticas. La base molecular para las interacciones almidón-almidón son las fuerzas de Van der Waals y los puentes de hidrógeno. Las proteínas de gluten interactúan por enlaces disulfuro, puentes de hidrógeno, entrecruzamientos e interacciones hidrofóbicas para formar una red continua, que es la base para el desarrollo y retención de gas en la masa. [Rodríguez E., 2005a]

Masi et al. (1998) menciona que cuando la masa de trigo se somete a deformación, los entrecruzamientos físicos y los puentes químicos débiles que sostienen los constituyentes de la masa se pueden romper y reorganizar, permitiendo su relajamiento parcial o completo [Rodríguez E., 2005a].

La deformación puede determinarse mediante el reómetro, instrumento que mide la viscosidad como una función de la velocidad de deformación para determinar el comportamiento de flujo No-Newtoniano y las propiedades reológicas complejas como la viscoelasticidad (determinados por parámetros viscoelásticos como son los módulos de elasticidad y de viscosidad G' , G'') en función de la frecuencia (tiempo) o temperatura. [Reologica Instruments AB., 2009]

El Módulo de elasticidad (G') proporciona información sobre la estructura presente en un material, éste representa la energía almacenada en los cuerpos elásticos de la muestra. En cambio, el módulo de viscosidad (G'') representa la cantidad de energía disipada en la muestra. Si el módulo de elasticidad es más grande que el módulo de viscosidad, el material puede ser considerado como elástico y viceversa. La razón de G'' sobre G' se ha definido como la tangente de ángulo de fase ($\tan\delta$) y describe los efectos de los componentes viscosos y elásticos en el comportamiento viscoelástico. [TA Instruments., 2009]

2.4.5. Cualidades plásticas de la harina

Las cualidades plásticas se caracterizan por el grado de elasticidad, tenacidad y flexibilidad de la masa. A menudo se emplea el término de fuerza para referirse al cuerpo de la masa, esta noción de fuerza panadera se utiliza para clasificar el trigo, ya que un trigo fuerte dará una harina de fuerza. [Rollin E., 1962]

Las propiedades plastoelásticas de la harina repercute sobre:

- La absorción de agua (rendimiento).
- La manejabilidad (masas gruesas y pegajosas)
- La tolerancia de la masa (facultad de soportar procesos de reposo muy prolongados).
- Las propiedades del gluten (determinan en gran manera las características plásticas).
- Las propiedades fermentativas (que varían en función de las cantidades que posea de azúcar simple, enzimas y de los gránulos de almidón dañado, ya que las enzimas las ataca fácilmente).

Para medir la calidad panadera de la harina se ha desarrollado numerosos métodos, entre ellos:

2.4.5.1. Farinografía

Según Pantanelli (1996) el farinógrafo mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia.

El farinógrafo genera una curva que reproduce en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que las proteínas de la harina se desdoblán en gluten y caen, puesto que pierden resistencia por el amasado continuo.

El equipo está compuesto por una amasadora de dos brazos, que giran a 55 y 82 rpm., respectivamente, conectado a un dinamómetro compensado, cuyos movimientos se transmiten, por un sistema de palancas con amortiguador de aceite a un dispositivo tipo báscula, y este último conectado a un aparato registrador, donde se graba en un papel la resistencia que opone la masa al trabajo mecánico a que se le somete en la amasadora. [Benion E., 1970]

La amasadora está dotada con camisa de agua y control termostático para mantenerla a 30°C. Se coloca en la amasadora 50 gr. de harina y, con una bureta, se va añadiendo agua hasta conseguir la absorción correcta, lo cual ocurre cuando la curva alcanza la línea 500 U.B. Luego se toma una muestra nueva de harina y se comienza el amasado, al tiempo que se registra en el farinógrafo la evolución de la masa y la resistencia que opone al amasado. Esta operación se prolonga hasta que la curva muestra síntomas de debilitamiento. [Benion E., 1970]

Según Benion (1970), la forma de la curva varía según el tipo de harina y la naturaleza de los aditivos. Los índices que normalmente se determinan con el farinógrafo son:

1. *Consistencia de la masa.*- Esta característica y la capacidad de absorción de agua se deducen de la cantidad de agua necesaria para producir una masa de consistencia correcta que llegue a la línea 500 U.B. Cuando se prueba una harina con buena capacidad de absorción, se tendrá que ajustar, pues el pico de la curva subirá por encima de este nivel. El ajuste se ha de hacer con cada tipo de harina, para mantener el pico de la curva en esta línea.
2. *Evolución de la masa.*- Es de gran importancia para poder determinar el tiempo de amasado. Cada harina necesita su tiempo de amasado y el farinógrafo es sumamente útil para indicar este tiempo. La situación del punto más alto de la curva indica el tiempo que puede ser necesario para la confección de la masa en condiciones industriales.

Hay muchas harinas comerciales de las que se obtiene pan de baja calidad a causa de que la masa ha sido poco trabajada. Igualmente se estropean harinas por exceso de trabajo. Las harinas con alto contenido proteico (aptas para pastas) llevan asociado un tiempo largo de amasado.

3. *Estabilidad de la masa.*- Indica el tiempo que transcurre hasta que se debilita la masa y es una medida de la cantidad de fermentación que resistirá una harina y, en cierto modo, es un indicativo de la tolerancia de la misma al tiempo de fermentación. También es una medida del exceso de amasado que resiste una harina, antes que esta empiece a debilitarse.

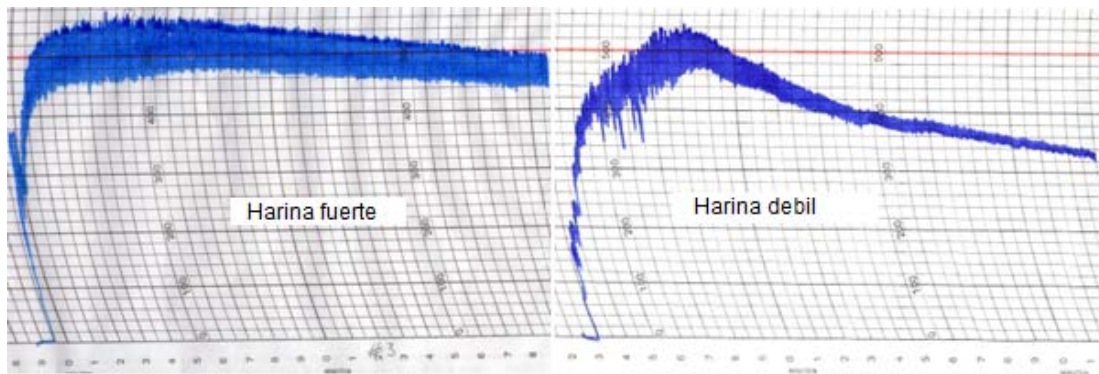
4. *Debilitamiento de la masa.*- Queda representado por la caída de la curva por debajo de la línea de 500 U.B., durante un periodo determinado del amasado. Las harinas fuertes darán valores bajos, mientras que las débiles darán valores altos.

Según Pantanelli (1996) la aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis farinográficos se puede evaluar mediante la siguiente clasificación:

1. Calidad óptima: caída de la masa entre 0 y 30 unidades farinográficas y una estabilidad superior a 10 minutos.
2. Calidad buena: caída de la masa entre 30 y 50 unidades y estabilidad no inferior a 7 minutos.
3. Calidad discreta: caída de la masa entre 50 y 70 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 5 minutos.
4. Calidad mediocre: caída de la masa entre 70 y 130 unidades farinográficas y estabilidad no inferior a 3 minutos.
5. Calidad baja: caída superior a 130 unidades farinográficas y estabilidad inferior a 2 minutos.

Según Calaveras (1996) la clasificación más general se interpreta en la figura 3, con dos harinas distintas. Se pueden observar grandes diferencias principalmente en la gran estabilidad de la harina fuerte y el grado de decaimiento pronunciado en la harina débil.

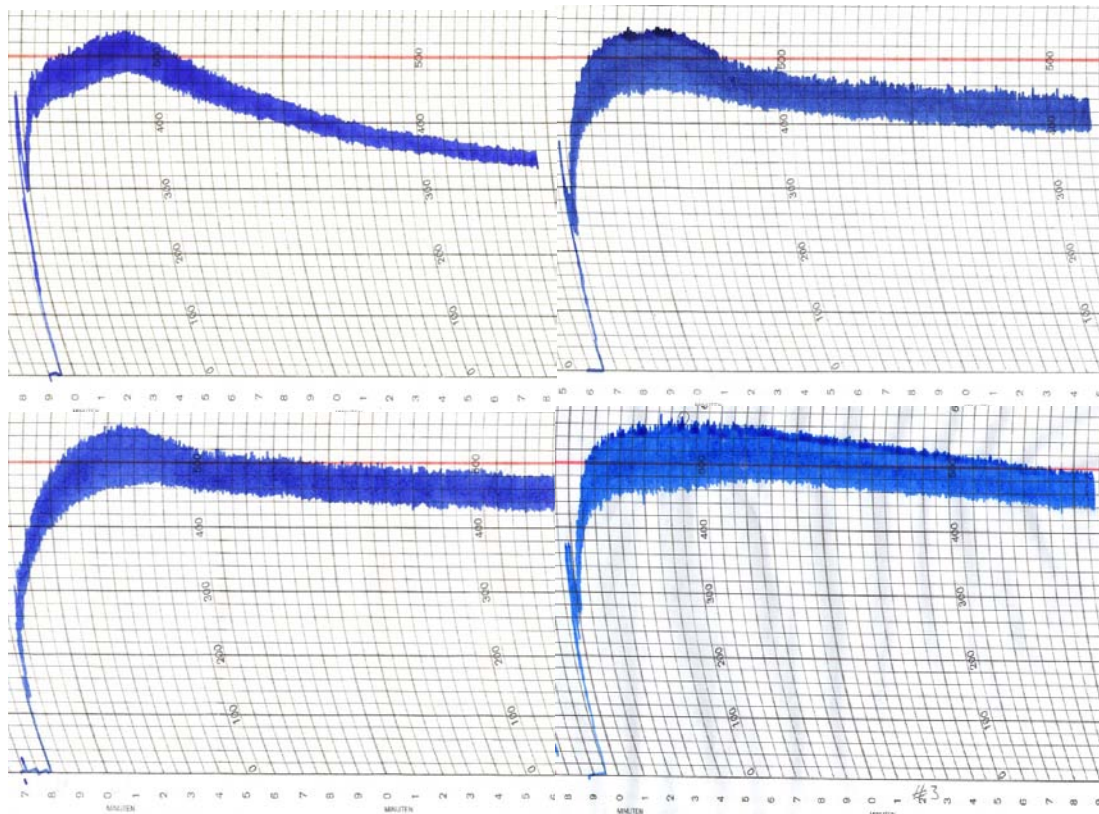
FIGURA 3. Farinogramas de dos clases de harina



Fuente: Proyecto PHPPF. 2009.

En la figura 4, se puede observar cómo se clasifican las harinas interpretadas por el farinógrafo. De izquierda a derecha: harinas fuertes y de arriba a abajo: harinas más elásticas (más ancho más elástica).

FIGURA 4. Farinogramas de harina de trigo de acuerdo a su fuerza y elasticidad.



Fuente: Proyecto PHPPF. 2009.

Por otro lado, en la Tabla 4 se menciona otros parámetros que se toma en cuenta en los análisis farinográficos.

TABLA 4. Medias Panaderas para análisis farinográficos

Parámetro	Valor
Tiempo de desarrollo	4' > Harina fuerte < 4' Harina floja
Estabilidad	Harinas más estables suelen ser más fuertes y fermentación más larga.
Índice de tolerancia	Pan común. 125 a 165 U.B.

Fuente: Calaveras J., 1996. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

Para el caso de fideos, actualmente se considera práctico tener tiempos de desarrollo cortos que optimicen los tiempos de procesamiento en los métodos de elaboración de pastas. [Calvo et al., 2001]

2.4.5.2. Alveógrafo de Chopin

El alveógrafo permite la caracterización del comportamiento de la masa y su retención de gases durante la fermentación a hidratación adaptada (o consistencia constante). [SAGARPA, 2007] [Consultores Cerealistas, 2007]

La masa se obtiene mezclando la harina con una cantidad fija de agua y sal (2,5%) durante un tiempo determinado. La masa se lamina a continuación y de la tira de pasta resultante, se extraen 5 discos de masa, que, tras un periodo de reposo, se disponen sobre una chapa que tiene un agujero. A través de este agujero se insufla aire que hincha la masa y el aparato registra gráficamente las variaciones de la presión del aire dentro de la burbuja hasta cuando ésta se rompa. [Calaveras J., 1996]

Según Calaveras (1996) los resultados de este test se reducen a los siguientes parámetros:

W= Es la fuerza de la harina que se mide en joules (J) y refleja el trabajo de deformación de la masa al ser ensayada en el alveógrafo. Así, la industria molinera emplea como trigos correctores a los trigos cuya fuerza (W) supera los 300 J., estos son mezclados con trigos más débiles (aquellos con fuerza menor a 250 J.) para fortalecerlos. En cambio, los trigos que presentan una fuerza entre 250 y 300 J. se emplean directamente para fabricar harina panadera. [Grupo Molinero, 2005]

L= Es la extensibilidad de la masa que se obtiene en milímetros midiendo la longitud de la curva y nos da una idea de la capacidad de retención de gases en la fermentación. Así, valores > 115 representa una harina muy extensible y valores < 50 son consideradas harinas de baja extensibilidad.

P= Es la tenacidad medida en mmH₂O. Este parámetro tiene relación con la absorción de agua y así una masa más tenaz que otra, necesitará más agua para obtener la consistencia habitual. Así, valores > 60 representa una harina muy tenaz y valores < 50 son consideradas harinas de baja tenacidad.

PL= Es el equilibrio de la harina. Que se establece al dividir la tenacidad ya multiplicada por el coeficiente de correlación 1,1; para la extensibilidad. Así bien, un equilibrio normal se representa en la tabla 5:

TABLA 5. Condiciones de Equilibrio (P/L)

Tipo de Pan	Valor
Pan común	0,2 a 0,4
Pan francés	0,4 a 0,5
Pan de Molde	0,6 a 0,7

Fuente: Calaveras J., 1996. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

Todos los índices anteriores están muy relacionados e influenciados entre sí, por lo que, para caracterizar un trigo, el valor de un solo índice debe ser tomado con ciertas reservas. [Calaveras J., 1996]

En la figura 5, se puede observar cómo se clasifican las harinas interpretadas por el alveógrafo, de acuerdo a la fuerza de la harina, así:

FIGURA 5. Clasificación de las harinas de acuerdo a su fuerza

HARINAS FLOJAS

Mínimo en proteínas del 8%.

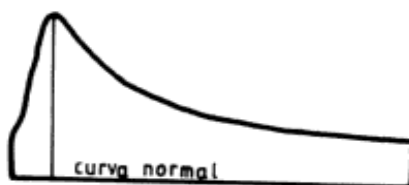
Extracción del tipo T-75.

Fuerza W mínima de 90.

Ejemplo de lo que puede ser una Harina Floja:

Alveograma

Tenacidad (P)	39,6 mm
Extensibilidad (L)	98,0 mm
Equilibrio (P/L)	0,40
Hinchamiento (G)	22,1
Fuerza (W)	100,7
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%



HARINAS MEDIA FUERZA

Mínimo en proteínas del 9%.

Extracción del tipo T-70.

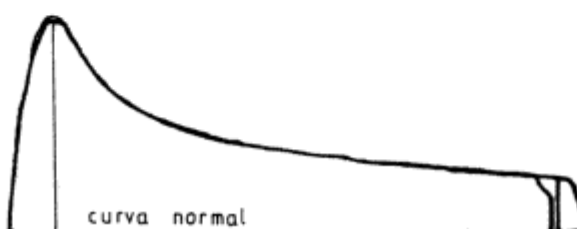
Fuerza W mínima de 140.

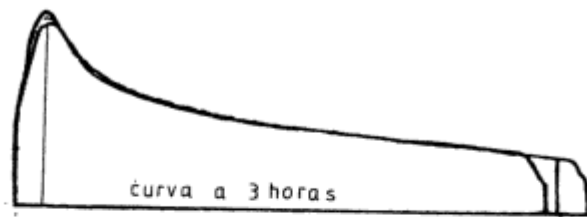
Ejemplo de lo que puede ser una Harina Media Fuerza:

Humedad 14,1.

Alveograma

Tenacidad (P)	52,8 mm
Extensibilidad (L)	111,0 mm
Equilibrio (P/L)	0,47
Hinchamiento (G)	23,4
Fuerza (W)	175,0
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%



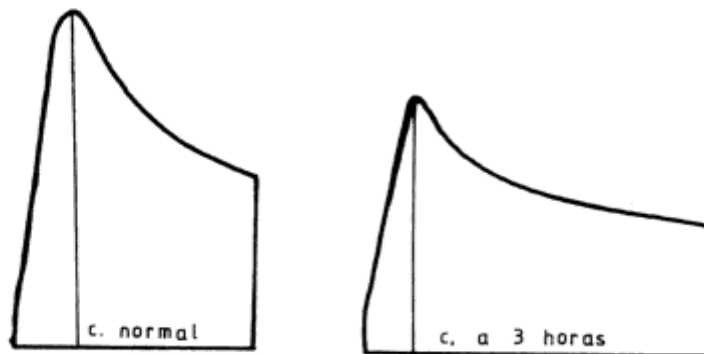


HARINAS DE GRAN FUERZA

Mínimo en proteínas del 11% .
 Extracción del tipo T-45/T-55.
 Fuerza W mínima de 200.
 Este es un ejemplo de lo que puede ser una Harina de Gran Fuerza:
 Humedad 14,6.

Alveograma

Tenacidad (P)	124,3 mm
Extensibilidad (L)	78,0 mm
Equilibrio (P/L)	1,59
Hinchamiento (G)	19,6
Fuerza (W)	434,1
Degradación (W)	0%
Degradación (G)	0%



Fuente: Calaveras J., 1996.

Por otro lado, Pantanelli (1996) menciona que una harina es considerada buena para panificación si tiene una W entre 140 y 160, y una relación P/L entre 0,5 y 0,6. Para productos de horno fermentados se debe utilizar harinas fuertes con una W entre 180 y 200.

Por otra parte, la Asociación Argentina Pro Trigo (1996) proporciona una clasificación más detallada acerca de la aptitud de una harina para panificación, así:

- W mayor de 250, P/L mayor de 0,7: harinas de mucha fuerza que deben ser utilizadas solo para mezcla.
- W entre 170 y 250, P/L mayor a 0.7: harinas desequilibradas por exceso de tenacidad, pueden ser utilizadas en proporciones

adecuadas a mezclas donde se necesite corregir la excesiva extensibilidad.

- W entre 170 y P/L inferior a 0,3: harinas desequilibradas por exceso de extensibilidad, pueden ser utilizadas para corregir alta tenacidad.
- W mayor a 170 y P/L entre 0,3 y 0,7: harinas equilibradas con buenas aptitudes para panificación, son mejoradoras en función de los valores W y P/L.
- W entre 130-170 y P/L entre 0,3 y 0,7: harinas equilibradas con suficientes aptitudes para la panificación.
- W entre 110 y 130 y P/L entre 0.3 y 0.7: harinas con mediocre aptitud para la panificación.
- W inferior a 110 y otras harinas: deben destinarse a uso diverso en la panificación como bizcochos secos, barquillos, etc.

La elaboración de pastas alimenticias requiere harinas con un alto contenido proteico que forma una masa muy tenaz y de baja extensibilidad con valores P/L de 1,30 y W de 250. [Industrias Harineras Molino San Salvador, 2009]

2.4.5.3. Mixolab

El Mixolab es un aparato que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado y calentamiento. Permite medir en tiempo real [Chopin Technologies, 2008]:

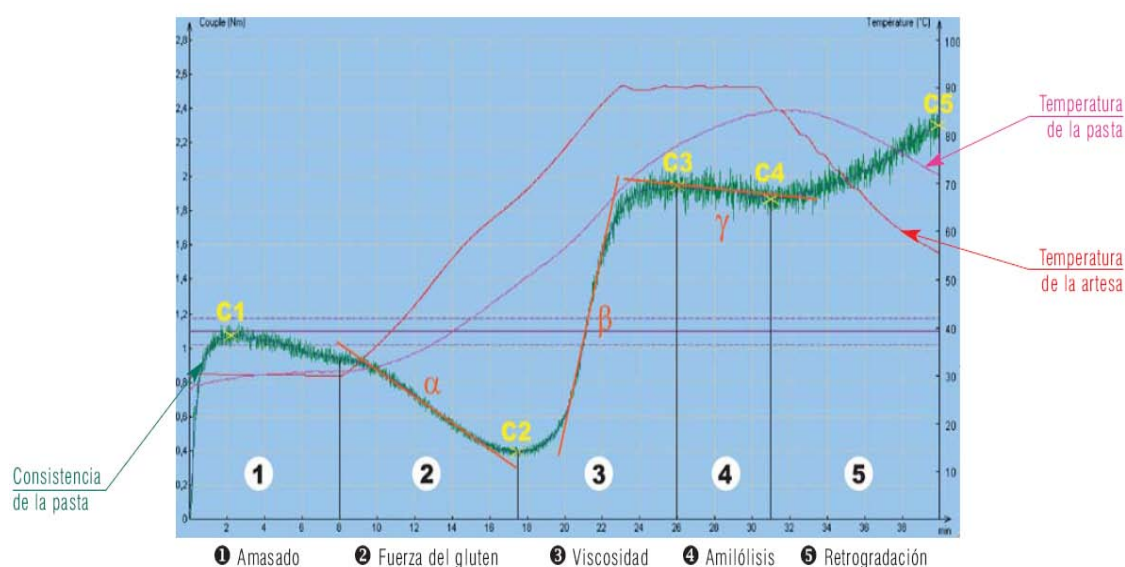
- capacidad de hidratación, tiempos de desarrollo,
- el debilitamiento de las proteínas,
- la actividad enzimática,
- la gelatinización y retrogradación del almidón.

La calidad de una harina no se mide únicamente por el porcentaje o la calidad de las proteínas. El almidón representa una parte importante de la harina y su composición química le confiere propiedades particulares, sin

olvidar los demás elementos: agua, enzimas, lípidos, fibras, etc., que desempeñan un papel en la calidad de la harina. [Chopin Technologies, 2006b]

Así pues, el *Mixolab Standard* proporciona las siguientes características representadas en la figura 6:

FIGURA 6. Curva tipo del Mixolab Standard



Fuente: Chopin Technologies. 2006.

1) Amasado o Desarrollo

En la etapa 1 de la prueba, a temperatura constante se determina el poder de absorción de agua de las harinas y se mide las características de las masas durante el amasado (estabilidad, elasticidad).

2) Fuerza de las proteínas (α)

En cuanto, la temperatura de la masa aumenta la consistencia disminuye. La intensidad de este debilitamiento depende de la calidad de las proteínas.

3) **Gelatinización del almidón (β)**

A partir de la temperatura inicial de gelatinización, los fenómenos vinculados a la gelatinización del almidón se vuelven preponderantes y se observa entonces un incremento de la consistencia. La intensidad de este incremento depende del tipo de almidón y, eventualmente, de los aditivos añadidos.

4) **Actividad amilásica (γ)**

El valor de la consistencia al final de la curva depende mayoritariamente de la actividad amilásica endógena o añadida. Cuanto más grande sea la disminución de la consistencia, más importante será la actividad amilásica.

5) **Retrogradación del almidón**

Al enfriarse, se retrograda el almidón y la consistencia del producto aumenta. Algunos productos químicos tienen una acción sobre este fenómeno y limitan la importancia de éste, permitiendo así retrasar la deshidratación y obtener una mayor conservación del producto elaborado.

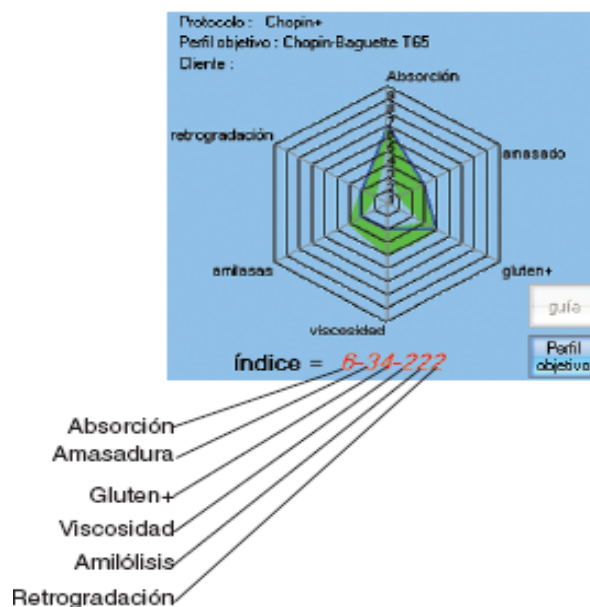
Por otro lado, la calidad de una harina también se puede juzgar en función de su uso final, el *Mixolab Profiler* permite caracterizar una harina en función de [Chopin Technologies, 2008]:

- La absorción de agua influye en su rendimiento en masa.
- El índice de amasado constituye la resistencia que presenta la harina al amasado.
- El índice de gluten da idea de la fuerza de las proteínas.
- La viscosidad en caliente es función de las características del almidón y de la actividad amilásica.

- La resistencia a la amilólisis revela, entre otros factores, el nivel de germinación.
- El índice de retrogradación da una información importante sobre el potencial de conservación del producto elaborado.

La curva obtenida en la figura 7 se caracteriza por un *Índice Mixolab* de 6 cifras que corresponden al valor medido en cada uno de los 6 ejes. El índice se compone a partir del valor de cada parámetro del profiler, así: la primera cifra del índice corresponde a la absorción, la última a la retrogradación.

FIGURA 7. Curva tipo del Mixolab Profiler



Fuente: Chopin Technologies. 2006.

2.5. HIPÓTESIS

Hipótesis nula= Las mezclas de harina de trigo importado con harinas de cereales y tubérculo nacionales presentan características reológicas adecuadas en la formación de la masa para pan y fideos.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_n$$

Hipótesis alternativa= Las mezclas de harina de trigo importado con harinas de cereales y tubérculo nacionales no presentan características reológicas adecuadas en la formación de la masa para pan y fideos.

Hi: T1 ≠ T2 ≠ T3≠.....≠Tn

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.6.1. Variable Independiente

Mezclas de harinas.

2.6.2. Variable Dependiente

Características reológicas

2.6.3. Unidad de Observación

Farinograma, alveograma, mixolab profiler y standard.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación requiere dos modalidades:

Modalidad documental o bibliográfica.- En la que se requirió revisar tesis, trabajos de investigación, planes, sitios en Internet, experiencias en proyectos similares; con el fin de conocer diferentes enfoques, teorías o conceptualizaciones y criterios de diferentes autores sobre los aspectos referentes al tema, que sin duda son de gran ayuda.

Modalidad experimental.- Por otro lado, se debe considerar la investigación experimental, pues con ello se obtiene información que permita predecir y controlar el comportamiento de harinas y mezclas de harinas en estudio; por lo que esta investigación necesita de laboratorios que brinden las facilidades para analizar las causas y efectos de las variables de estudio.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de evaluar el comportamiento de una de las variables en función de otra y medir el grado de relación entre las mismas; se establece que el tipo de investigación aplicada en este estudio es ***correlacional*** porque permite:

- Predicciones estructuradas.
- Análisis de correlación de variables.
- Medición cuantitativa de resultados.

Es así que, en el presente trabajo investigativo se desea medir el grado en el que las mezclas de harinas de cereales y tubérculo nacionales con harina de trigo importado afectan las características reológicas de las masas para panificación y pastas, constituyéndose claramente en un estudio de asociación de variables.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Método para la obtención de harinas de cereales y papa.

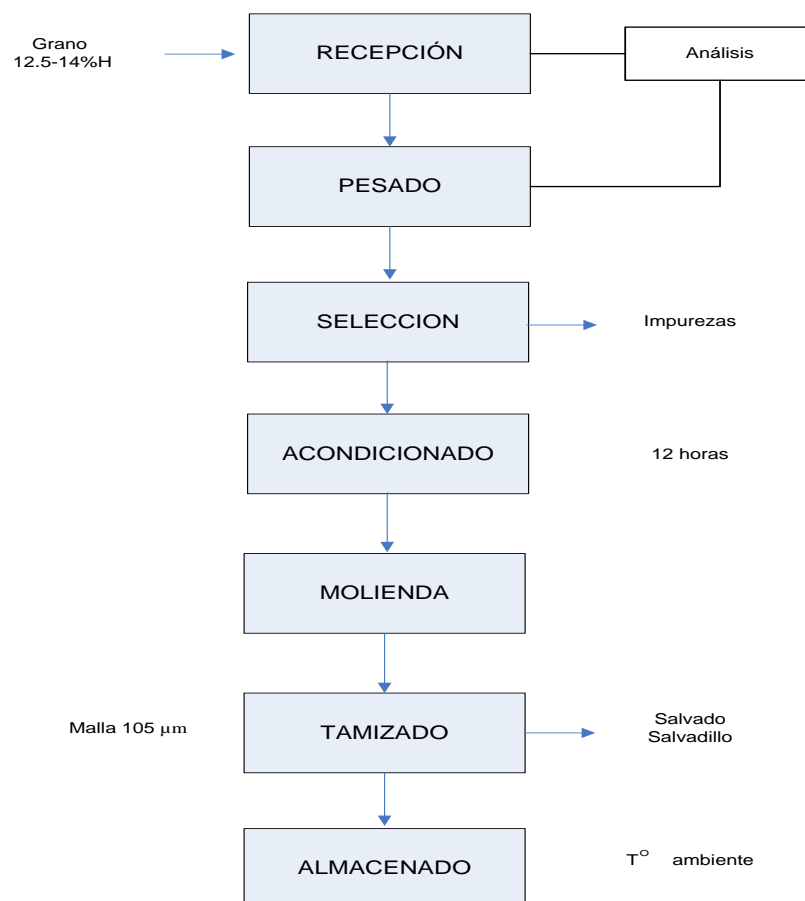
En el gráfico 3 se describe el proceso de obtención de harina de trigo, cebada, maíz y quinua, cumpliendo cada uno con los requisitos higiénicos y sanitarios correspondientes para generar un producto inocuo y de calidad para consumo humano.

- *Recepción.*- Se verificó las condiciones de humedad y temperatura que posee la materia prima. Además se realizó los análisis respectivos del cereal para determinar su calidad.
- *Pesado.*- Se tomó en cuenta el peso de la materia prima con la finalidad de determinar rendimientos, además la cantidad apta según la capacidad de los equipos.
- *Selección.*- Se realizó la separación de las impurezas mediante un sistema de ventilación, luego las impurezas recogidas se pesaron para después formar parte del residuo final.

- *Acondicionado.*- Para una mejor separación del endospermo del pericarpio, se acondicionó los granos, teniendo en cuenta la humedad según el tipo de harina a fabricarse.
- *Molienda.*- En este proceso de rotura, el grano se trituró gradualmente en un molino de discos para facilitar la separación entre el endospermo y pericarpio hasta obtener harina.

Los controles de rotura son fundamentales para mantener un nivel equilibrado entre extracción y ceniza. En las reducciones se controló el sobrecalentamiento, ya que se perjudica la proteína y existe un exceso de deshidratación.

GRÁFICO 3. Diagrama de flujo para la obtención de harina de cereales



Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

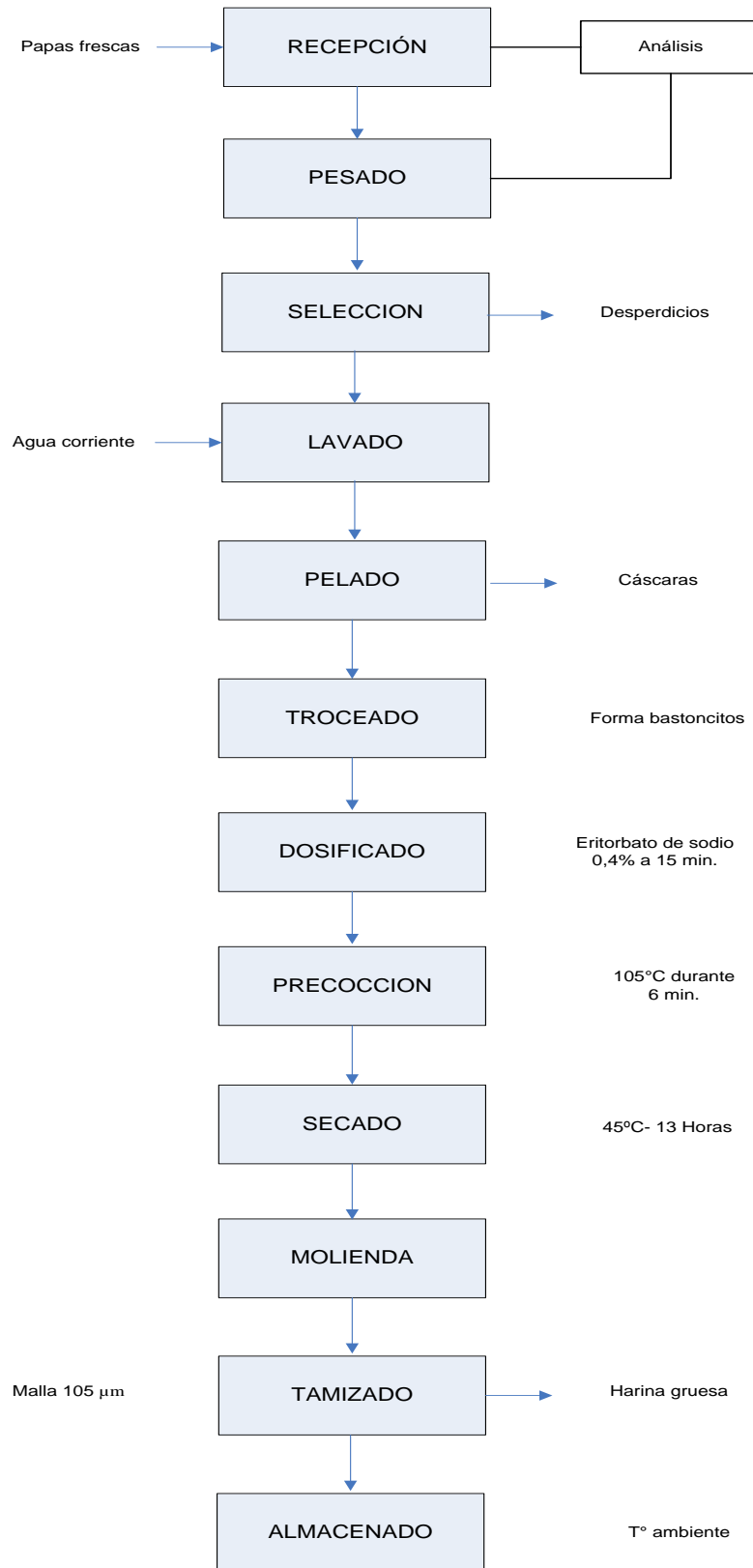
- *Tamizado.*- El producto obtenido de la molienda se separó según el diámetro de la partícula mediante una serie de tamices hasta llegar a 105 μm . Los productos que son retenidos por el tamiz fueron clasificados de acuerdo a su granulometría (harina flor, harina, salvadillo, salvado).
- *Almacenado.*- Una vez que el producto ha sido envasado, se almacenó en una bodega a temperatura ambiente y una humedad relativa controlada, para garantizar la calidad de la harina.

En el gráfico 4, se describe el proceso para obtener harina a partir de papa, la cual difiere del resto de cereales en otras operaciones que se señalan a continuación:

- *Recepción.*- Esta labor consistió en la adquisición de la materia prima y se procedió a la toma de muestras para un análisis en el laboratorio y poder determinar la calidad de la materia prima.
- *Pesado.*- Se tomó en cuenta el peso de la materia prima con la finalidad de determinar rendimientos, además la cantidad apta según la capacidad de los equipos.
- *Selección.*- En este paso se clasificó la materia prima de acuerdo a la características requeridas, además se eliminó producto con golpes, magulladuras o con contaminación.
- *Lavado.*- Una vez escogido el producto sano se procedió a lavar con agua corriente. Esto se realizó con el fin de eliminar impurezas como tierra y ayudar a reducir la carga microbiana.
- *Pelado.*- Después de un lavado manual, se procedió al pelado en un cilindro con paredes de material abrasivo hasta la eliminación total de su cáscara.

- *Troceado.*- Este proceso es muy importante en la elaboración de harina ya que entre menor es el trozo de papa más eficiente es el proceso de secado, por lo que se troceó en forma de bastoncitos.
- *Dosificado.*- Estos bastoncitos se los recibió en un tanque con solución de eritorbato de sodio como antioxidante en proporción del 0,4% durante aproximadamente 15 minutos, mientras se trasladó al autoclave para su tratamiento térmico.
- *Precocción.*- El tratamiento térmico en autoclave se realizó a 105°C con tiempos de cocción de 6 minutos, controlados con los termómetros acoplados en el equipo.
- *Secado.*- Los tubérculos pre-cocidos fueron colocados en bandejas e introducidos en una cámara de secado durante 13 horas a una temperatura de 41°C para terminar con 45°C hasta llegar a un contenido de humedad apta para la molienda (12% de humedad).
- *Molienda.*- Este proceso se llevó a cabo utilizando un molino de discos, controlando la rotura para así evitar un sobrecalentamiento de la harina en el proceso de molienda.
- *Tamizado.*- Con este proceso se obtuvo harina con un tamaño de partícula de 105 μm . Los productos retenidos por el tamiz fueron sometidos nuevamente a una molienda hasta obtener una harina apta para panificación.
- *Almacenamiento.*- Una vez que la harina ha sido empacada y etiquetada, fue almacenada en condiciones tales para evitar la alteración de las características del producto procesado.

GRÁFICO 4. Diagrama de flujo para la obtención de harina de papa

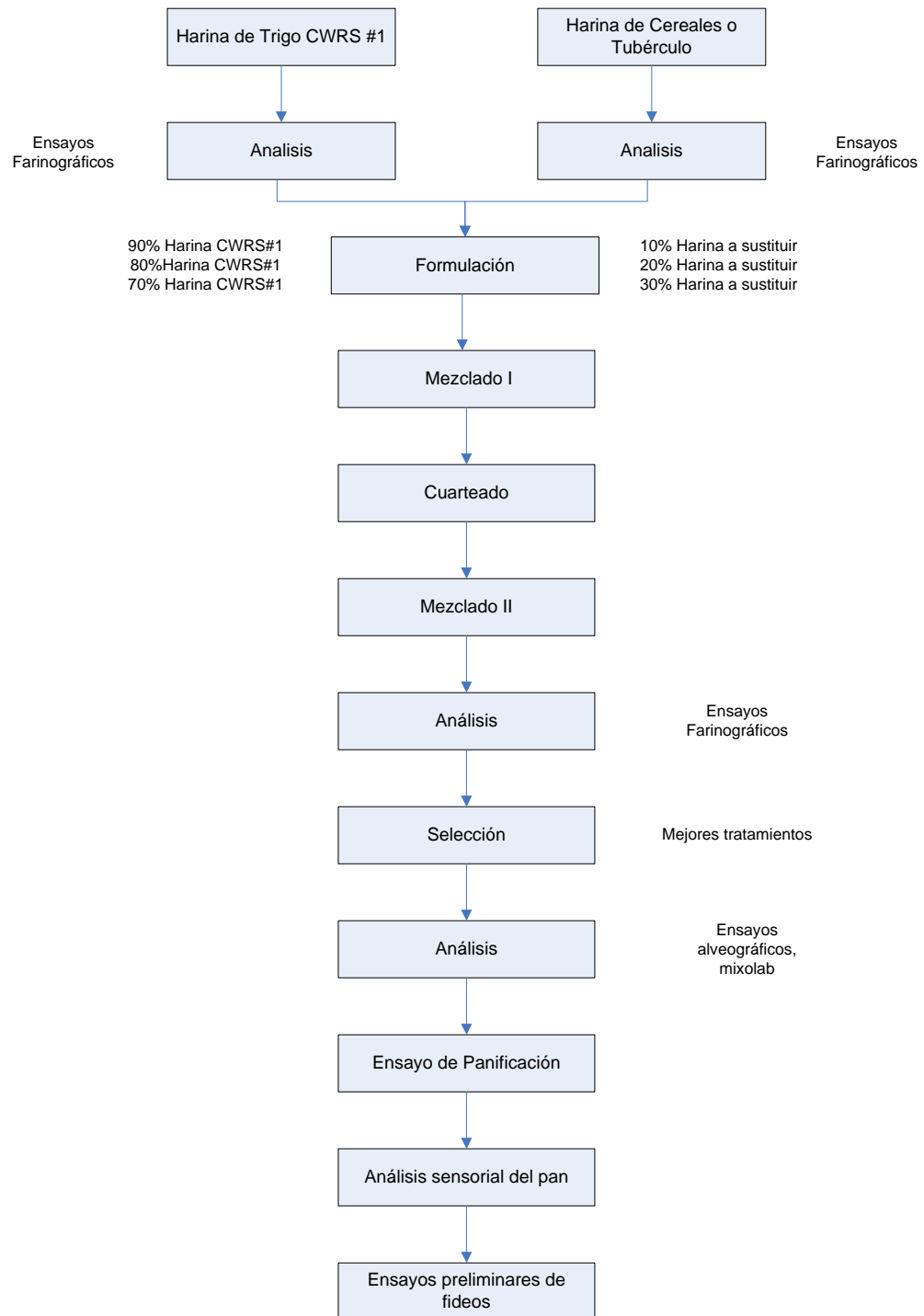


Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

3.3.2. Métodos para la obtención de mezclas de harinas y análisis.

En el gráfico 5 se considera la metodología para la obtención de mezclas de harinas nacionales con trigo importado y sus respectivos análisis:

GRÁFICO 5. Flujoograma para la obtención de mezclas y sus análisis



Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

Las harinas de maíz, cebada, quinua, papa y trigo nacional se mezclaron con harina de trigo importado (muestra patrón) en proporciones de 10, 20 y 30% (p/p) (previo análisis farinográfico de las muestras puras), considerando estudios preliminares que demuestran la factibilidad de estos porcentajes de sustitución para la elaboración de productos panificables. [Proyecto PHPPF, 2009] [El Comercio, 2008] [FAO, 2003]

Posteriormente, se realizó los análisis farinográficos (Anexo A-2) de las mezclas de harinas para seleccionar los mejores tratamientos tomando como criterio las mezclas semejantes a la harina de trigo importado. Dichos tratamientos fueron evaluados mediante análisis alveográficos (Anexo A-4) y en el mixolab (Anexo A-3) para verificar resultados farinográficos, así como ensayos de panificación (Anexo A-1) para determinar las características internas-externas del pan y volumen del mismo. De igual manera, se realizaron ensayos preliminares de pastas alimenticias.

La aceptación del producto elaborado por parte del consumidor fue evaluada mediante una prueba sensorial discriminativa, donde se pretende detectar las diferencias que puedan haber dentro del conjunto de muestras. Se aplicó la técnica de calificación utilizando una escala hedónica estructurada descrito por Anzaldúa-Morales (1998) para la evaluación de las propiedades sensoriales como: apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad a través de la hoja de catación. (Anexo A-5)

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población.- Para el proyecto investigativo se tiene como población: los cereales nacionales, tubérculo como la papa y el trigo importado.

Muestra.- De la población de cereales, se trabajó con:

Trigo importado:

Canada Western Red Spring # 1

Cereales y Tubérculos Nacionales:

Maíz: variedad Iniap-122

Cebada: variedad Cañicapa

Quinoa: variedad Tuncahuán

Trigo: variedad Cojitambo.

Papa: variedad Gabriela.

3.4.1. Diseño Experimental

De acuerdo al problema de Investigación, se establece una comparación entre las muestras provenientes de las mezclas de harina de trigo importado más harina de cereales y tubérculos nacionales (trigo, cebada, maíz, quinua, papa) con la muestra patrón o testigo: harina de trigo importado CWRS#1, por lo que se considera aplicar un Diseño de un Factor Completamente Aleatorizado. [Saltos H., 1993]

El modelo matemático aplicable en este experimento es:

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

Donde:

μ = efecto global (atribuible al experimento)

τ = efecto del tratamiento.

ε = efecto aleatorio

j = 1...k (niveles del factor de estudio)

i = 1...n (observaciones)

Además, se establece que el *factor de estudio* en este experimento, son las mezclas de harinas de cereales y tubérculo.

Se detalla a continuación, los tratamientos que se aplicaron en el experimento, así:

- *T0: Harina de trigo importado CWRS#1(testigo)*
- *T1: 90% de harina de trigo importado + 10% de harina de trigo nacional*
- *T2: 80% de harina de trigo importado + 20% de harina de trigo nacional*
- *T3: 70% de harina de trigo importado + 30% de harina de trigo nacional*
- *C1: 90% de harina de trigo importado + 10% de harina de cebada nacional*
- *C2: 80% de harina de trigo importado + 20% de harina de cebada nacional*
- *C3: 70% de harina de trigo importado + 30% de harina de cebada nacional*
- *M1: 90% de harina de trigo importado + 10% de harina de maíz nacional*
- *M2: 80% de harina de trigo importado + 20% de harina de maíz nacional*
- *M3: 70% de harina de trigo importado + 30% de harina de maíz nacional*
- *P1: 90% de harina de trigo importado + 10% de harina de papa nacional*
- *P2: 80% de harina de trigo importado + 20% de harina de papa nacional*
- *P3: 70% de harina de trigo importado + 30% de harina de papa nacional*
- *Q1: 90% de harina de trigo importado + 10% de harina de quinua nacional*

- Q2: 80% de harina de trigo importado + 20% de harina de quinua nacional
- Q3: 70% de harina de trigo importado + 30% de harina de quinua nacional

Del Diseño de un Factor Completamente Aleatorizado se obtuvo 16 tratamientos, en los que se llevó a cabo mediciones farinográficas con réplica para cada nivel, dando en total 32 determinaciones.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable Independiente: Mezcla de harinas

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Las <i>mezclas de harinas</i> se pueden considerar como la adición de un cierto porcentaje de harina de otro cereal (harina débil) a una harina de trigo (harina fuerte), con la finalidad de obtener una masa con adecuadas cualidades panificables.	Combinación de harina de trigo importado con cereal o papa nacional Evaluación sensorial de los mejores tratamientos	Formulaciones para la sustitución parcial de harina de trigo Apariencia Color Sabor Textura Aceptabilidad	¿Cuál sería la mejor formulación de acuerdo a las características reológicas adecuadas para pan y fideos? ¿Existen diferencias significativas entre los tratamientos según los atributos sensoriales evaluados?	Diseño de un factor completamente aleatorizado INEN:NTE 530: Ensayo de Panificación Hoja de catación Ensayos preliminares de fideos

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

3.5.2. Variable Dependiente: Características reológicas

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Las <i>características reológicas</i> se caracterizan por el grado de elasticidad, extensibilidad, de tenacidad y flexibilidad de una masa considerada como material viscoelástico.</p>	Análisis farinográficos	Absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad, índice de tolerancia	¿Con este análisis podemos evaluar la aptitud de una harina de panificación y fidelera?	Farinógrafo
	Análisis alveográficos	Tenacidad Extensibilidad Fuerza	¿Presentan las harinas adecuadas características de tenacidad y extensibilidad?	Alveógrafo
	Análisis del comportamiento reológico	Absorción Amasado Gluten Viscosidad Amilasas Retrogradación	¿Permite determinar el comportamiento reológico de una masa para su posterior aplicación?	Mixolab

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los análisis se efectuaron en los laboratorios de la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos-Universidad Técnica de Ambato; mientras que los análisis concernientes al comportamiento reológico y alveográfico se realizaron en la empresa GRANOTEC S.A. en la ciudad de Guayaquil.

Los resultados experimentales de los tratamientos con mezclas de harinas de cereales y tubérculo con harina de trigo importado fueron obtenidos siguiendo los métodos de trabajo establecidos por la casa fabricante de los equipos: Farinógrafo Brabender, Mixolab Chopin, Alveógrafo Chopin. Así, el farinograma, mixolab (profiler y standard) y alveograma constituyen las representaciones gráficas de los resultados proporcionados por los equipos utilizados.

En la elaboración del pan, a partir de los mejores tratamientos, se aplicó la técnica expresada en la NTE INEN 530:1980 Ensayos de Panificación y finalmente el análisis sensorial del pan se llevó a cabo con un panel de 50 catadores, los cuales evaluaron al producto registrando su apreciación en la hoja de catación.

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información obtenida se utilizó el paquete informático Microsoft Office a través de los programas: Word, Excel y Visio; en el caso del diseño experimental y para realizar las correspondientes pruebas de comparación múltiple se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.0.

Para la interpretación de resultados, hay que tomar en cuenta:

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.

- Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

En el análisis de los resultados farinográficos obtenidos se aplicó un Diseño Estadístico de un Factor Completamente Aleatorizado con una réplica mediante Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia del 5%. Para establecer los mejores tratamientos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de pan de los mejores tratamientos se empleó un Diseño Experimental de Bloques Balanceados, tomando en cuenta la respuesta de los jueces para determinar si existe diferencia significativa entre las muestras de harinas a un nivel de confianza del 95%.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.1. Caracterización Farinográfica en Mezclas de Harinas

Los farinogramas obtenidos se muestran en el Anexo C-1 (Figura 8 a 44), los resultados del análisis correspondiente a absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia de cada tratamiento y su réplica se encuentran en el Anexo B-1.

En la tabla 5 se observan los resultados obtenidos de las muestras 100% puras de harina de trigo importado, trigo nacional, cebada, maíz, quinua y papa. Con respecto a los cereales y tubérculo nacionales se puede decir que la harina de trigo nacional es de menor calidad proteica comparada con la harina de trigo importado, así: menor estabilidad y tiempo de desarrollo y mayor índice de tolerancia. Asimismo, no se observa el comportamiento viscoelástico con harinas de cebada, maíz, quinua y papa debido a que en su composición no se encuentran las proteínas que al hidratarse con agua forma el gluten, que bajo condiciones apropiadas de trabajo mecánico, origina una masa elástica y cohesiva.

TABLA 5. Resultados de los farinogramas realizados con muestras 100% puras de harina

MUESTRA	HUMEDAD	ABSORCION DE AGUA	TIEMPO DE DESARROLLO	ESTABILIDAD	INDICE DE TOLERANCIA
	%	%	(min)	(min)	(UB)
Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo)	13,34	63,70	4,50	7,90	56,00
Harina de Trigo nacional variedad Cojitambo	13,99	63,00	3,60	6,25	75,00
Harina de Cebada nacional variedad Cañicapa	14,37	60,40	Nd	Nd	Nd
Harina de Maíz nacional variedad Iniap 122	12,52	60,00	Nd	Nd	Nd
Harina de Quinoa nacional variedad Tuncahuán	13,37	62,80	Nd	Nd	Nd
Harina de Papa nacional variedad Gabriela	10,31	120,00	Nd	Nd	Nd

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009. Nd= No determinables

Con respecto a las características farinográficas analizadas en la harina de trigo importado (CWRS # 1) como: tiempo de desarrollo > 4 minutos considerada como una harina fuerte; estabilidad no inferior a 7 minutos, es decir, de buena calidad e índice de tolerancia < 125UB apto para pan común [Calaveras J., 1996], se comprueba las buenas características viscoelásticas que presenta este trigo.

El trigo CWRS (trigo rojo de primavera del oeste de Canadá) es conocido por sus excelentes características de molienda y panificación, con una pérdida mínima de proteína en la molienda. Además, como el gluten de este tipo de trigo es fuerte, se usa frecuentemente en mezclas con otros trigos más débiles, para elaborar toda una gama de productos como el pan tipo francés, fideos, panes sin levadura y panes horneados al vapor. [SICA, 2005]

Por otra parte, en la Tabla 6 se registran los promedios de las réplicas de cada mezcla de cereales y tubérculo nacionales con harina de trigo importado, así como también la muestra testigo que es representada por la harina de trigo importado CWRS # 1, los cuales fueron obtenidos de sus respectivos farinogramas.

TABLA 6. Resultados de los farinogramas realizados con cada mezcla de harina

Tratamientos	MUESTRA	HUMEDAD	ABSORCION DE AGUA	TIEMPO DE DESARROLLO	ESTABILIDAD	ÍNDICE DE TOLERANCIA
		%	%	(min)	(min)	(UB)
T ₁₀	Harina de Trigo importado CWRs # 1 (testigo)	13,34	63,70	4,50	7,90	56,00
T ₁₄	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de trigo nacional	13,15	63,80	4,60	5,65	62,50
T ₁	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de trigo nacional	13,24	63,70	5,25	4,75	62,50
T ₁₁	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de trigo nacional	13,39	63,60	4,75	5,90	66,00
T ₂	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de cebada nacional	13,28	64,30	5,10	6,60	55,50
T ₆	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de cebada nacional	13,35	64,40	5,05	7,55	55,00
T ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de cebada nacional	13,50	64,70	4,80	7,35	44,00
T ₇	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de maíz nacional	12,76	62,80	3,95	4,95	72,50
T ₁₅	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de maíz nacional	12,50	61,80	2,60	4,30	94,00
T ₈	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de maíz nacional	12,07	60,60	2,35	4,15	120,00
T ₅	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de papa nacional	12,90	69,40	4,65	3,70	79,00
T ₉	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de papa nacional	12,63	77,00	5,15	3,35	87,50
T ₁₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de papa nacional	12,30	84,30	4,90	2,95	110,00
T ₄	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de quinua nacional	13,14	64,20	4,55	4,20	59,00
T ₁₆	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de quinua nacional	12,92	64,60	4,30	3,45	63,50
T ₁₂	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de quinua nacional	13,34	65,40	4,40	4,00	92,50

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

4.1.1.1. Absorción de Agua

La absorción del agua representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia de 500 Unidades Brabender (U.B.) en el amasado. [Pantanelli A., 1996]

En la Tabla 6 se evidencia la variación de absorción de agua entre las muestras de harinas. Las mezclas con harina de trigo nacional presentaron valores muy similares a la harina de trigo importado (63,7%), en mezclas con harina de maíz los valores oscilan entre 60,6 a 62,8%; se observa un incremento de absorción de agua en mezclas con harina de cebada con valores de 64,3 a 64,7%, así también para mezclas con harina de quinua con valores entre 64,2-65,4% y finalmente, un alto poder de absorción de agua se determinó en mezclas con harina de papa con valores superiores al 69,4% (Gráfico 6).

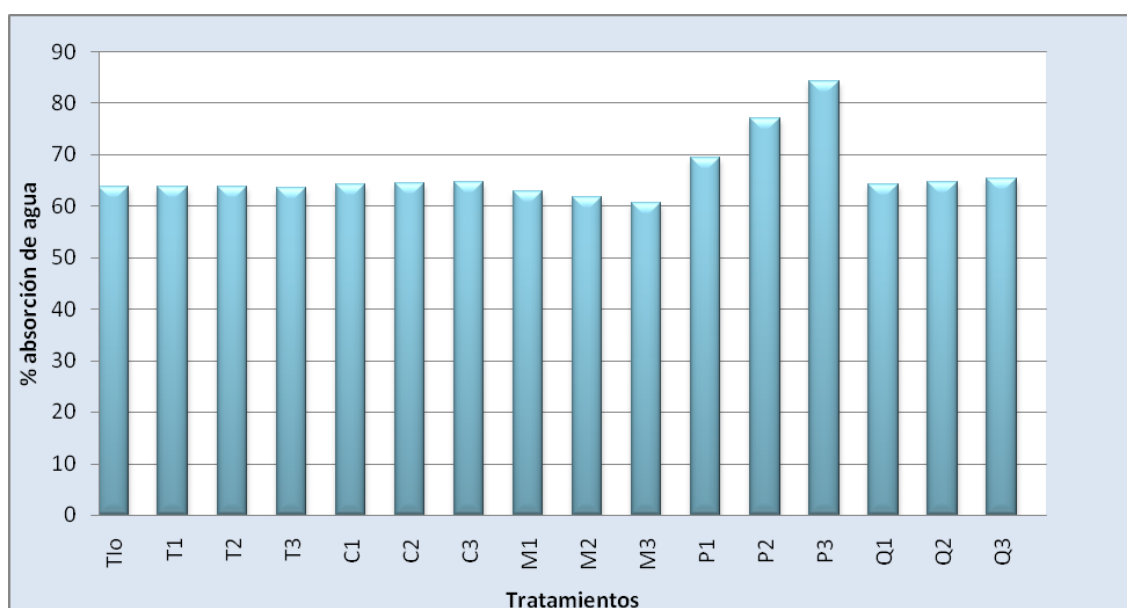
Estas variaciones se podrían atribuir a los almidones dañados puesto que afecta las propiedades de la harina, ya que absorbe un 100% de su peso en agua, 3 veces más que la que absorbe el almidón que se encuentra en los gránulos sanos [Moiraghi et al., 2005]. Los trigos duros generalmente tienen un endospermo vidrioso que requiere mayor energía en la molienda y el mayor trabajo de molienda daña los gránulos de almidón, aumentando la capacidad de absorción de agua. [Pantanelli A., 1996]

El efecto del almidón dañado se evidenció en la variación de absorción de agua en las muestras de harinas, puesto que en mezclas con harina de papa, quinua y cebada se observa mayor absorción de agua en relación a mezclas con maíz y trigo nacional. Según Rubiolo et al. (2004) los niveles de almidón dañado apto para panificación ~~son~~ %SRC (Capacidad de Retención de Solventes) en Na_2CO_3 , sin embargo las harinas de cereales y tubérculo analizadas presentaron niveles altos de almidón dañado, sobre todo en papa, quinua y cebada. [Proyecto PHPPF, 2009]

En el gráfico 6 se observa que para el caso de mezclas con harina de papa, conforme el grado de sustitución aumenta, el porcentaje de absorción

de agua es mayor, llegando a valores superiores al 69,4%, esto se debe a la precocción de la harina de papa, ya que almidones se gelatinizan, hinchando sus gránulos a causa de la formación de puentes de hidrógeno entre las unidades de glucosa con las moléculas de agua. [Dana O., 1987] La principal característica de una harina precocida es la facilidad de hidratación, solubilización y desarrollo de una textura viscosa como resultado de los almidones modificados que contiene. [Rodríguez et al., 2006]

GRÁFICO 6. Farinografía: Resultados de la absorción de agua en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₁₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₁**= 90% trigo importado+10% trigo nacional; **T₂**= 80% trigo importado+20% trigo nacional; **T₃**= 70% trigo importado+30% trigo nacional; **C₁**= 90% trigo importado+10% cebada nacional; **C₂**= 80% trigo importado+20% cebada nacional; **C₃**= 70% trigo importado+30% cebada nacional; **M₁**= 90% trigo importado+10% maíz nacional; **M₂**= 80% trigo importado+20% maíz nacional; **M₃**= 70% trigo importado+30% maíz nacional; **P₁**= 90% trigo importado+10% papa nacional; **P₂**= 80% trigo importado+20% papa nacional; **P₃**= 70% trigo importado+30% papa nacional; **Q₁**= 90% trigo importado+10% quinua nacional; **Q₂**= 80% trigo importado+20% quinua nacional; **Q₃**= 70% trigo importado+30% quinua nacional.

Otro factor que se puede atribuir en la harina de papa se debe a que muchos de los gránulos de almidones de raíces y tubérculos, como los de las papas, tienden a ser mayores que los almidones de semillas; así, los gránulos de almidón de papa pueden llegar a alcanzar 100 µm de longitud,

en cambio los del trigo oscilan entre 2-55 μm , maíz de 2-30 μm y cebada de 2-35 μm [Fennema O., 2000].

Por otro lado, los pentosanos pese a ser componentes minoritarios en las harinas, su presencia afecta la calidad de los productos panificados debido a su naturaleza hidrofílica ya que pueden retener 10 veces su peso en agua [Moiraghi et al., 2005]. Son uno de los principales componentes de la fibra dietética y su contenido afecta de gran manera las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo y las características de los productos panificables [Panera, 2009b].

Asimismo, Rubiolo et al. (2004) menciona que los niveles de pentosanos aptos para panificación ~~son~~ %SRC (Capacidad de Retención de Solventes) en sacarosa, por lo que los pentosanos afectan en mayor grado la absorción de agua en mezclas con harinas de cebada, quinua y papa; mezclas con harina de maíz en menor grado y harina de trigo importado y mezclas con trigo nacional no se ven afectadas por pentosanos, según resultados obtenidos en el Proyecto PHPPF (2009).

Por otra parte, para las mezclas con harina de maíz se puede observar el efecto de la fibra, puesto que al aumentar la cantidad de fibra disminuye la capacidad de absorción de agua de la harina [De La Llave A., 2004]. En la Tabla 6, se puede notar dicho efecto: al 10% de sustitución se reporta una absorción de agua del 62,8%, para el 20% de sustitución una cantidad de agua absorbida del 61,8% y al 30% de sustitución disminuye al 60,6%.

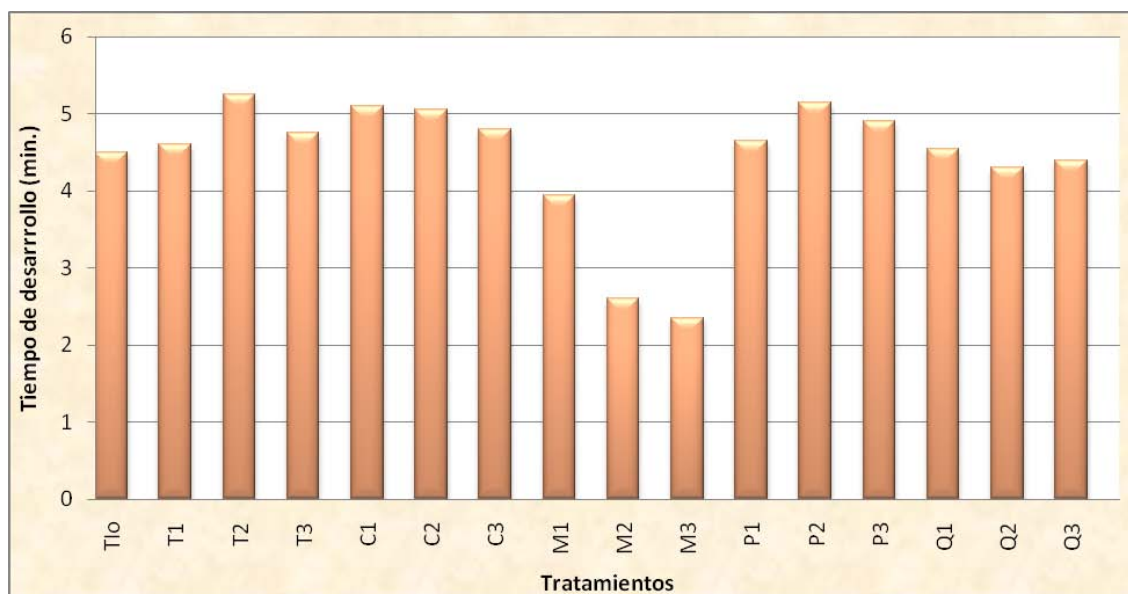
Además, la importancia de este parámetro radica en que se encuentra directamente relacionado con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, es decir, valores $> 65\%$ se considera como harina de buena calidad puesto que el rendimiento de pan sería mayor, mientras que valores $< 60\%$ la harina es considerada de inferior calidad [Asociación

Argentina Pro Trigo, 1996] y también depende de la cantidad y calidad de gluten y la dureza del endospermo. [SAGARPA, 2007]

4.1.1.2. Tiempo de desarrollo

El tiempo de desarrollo de la masa, es el tiempo que tarda en formarse la masa y en llegar a las 500 U.B.; es la velocidad con que la harina absorbe el agua y forma el gluten. [De La Llave A., 2004]

GRÁFICO 7. Farinografía: Resultados de tiempo de desarrollo en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₁₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₁**= 90% trigo importado+10% trigo nacional; **T₂**= 80% trigo importado+20% trigo nacional; **T₃**= 70% trigo importado+30% trigo nacional; **C₁**= 90% trigo importado+10% cebada nacional; **C₂**= 80% trigo importado+20% cebada nacional; **C₃**= 70% trigo importado+30% cebada nacional; **M₁**= 90% trigo importado+10% maíz nacional; **M₂**= 80% trigo importado+20% maíz nacional; **M₃**= 70% trigo importado+30% maíz nacional; **P₁**= 90% trigo importado+10% papa nacional; **P₂**= 80% trigo importado+20% papa nacional; **P₃**= 70% trigo importado+30% papa nacional; **Q₁**= 90% trigo importado+10% quinua nacional; **Q₂**= 80% trigo importado+20% quinua nacional; **Q₃**= 70% trigo importado+30% quinua nacional.

La harina de trigo importado (Gráfico 7) reportó un valor de tiempo de desarrollo de 4,5 minutos, es decir un tiempo aceptable según Calaveras (1996) por lo que se puede considerar como una harina fuerte. En una

harina muy fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que este hecho esté en relación con la alta calidad del gluten o también con la velocidad de absorción de agua por parte de la misma. [Pantanelli A, 1996]

En el gráfico 7 también se observa que las mezclas con harina de quinua, cebada, trigo nacional y papa presentaron valores similares entre sí (4,3 a 5,15 minutos); además, estas mezclas registran valores altos, lo que indicaría que por ser una harina con más fuerza requiere más tiempo de amasado; no obstante, este hecho puede atribuirse a la dificultad de las mezclas de harinas en formar una masa viscoelástica por lo que se requiere de un mayor tiempo de amasado para absorber el agua y formar una red.

En la Tabla 7 se muestra el análisis estadístico correspondiente a Tiempo de desarrollo en mezclas de harinas, en donde el ANOVA determinó una diferencia significativa a un nivel de significancia de 0,05 entre las muestras de harinas, por lo que se planteó una prueba de comparación múltiple como Tukey en la cual se identificó los tratamientos semejantes a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1).

TABLA 7. Análisis de Varianza para Tiempo de desarrollo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	21,215	15	1,41433	19,51 *	0,0000
Residuo	1,16	16	0,0725		
Total (Corr.)	22,375	31			

Valor F tablas= 2,352 * Significancia $\alpha= 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

Según la Tabla 8, la Prueba de Tukey indica que la mayoría de tratamientos no presentaron diferencia significativa a un nivel de significancia de 0,05 con la muestra testigo (T_{10} =Harina de Trigo importado CWRS # 1), a excepción de los tratamientos T_8 (70% harina trigo importado + 30% harina maíz nacional) y T_{15} (80% harina trigo importado + 20% harina maíz

nacional) puesto que los tiempos de desarrollo son muy bajos por lo que se podría considerar como harinas débiles. [Calaveras J., 1996]

TABLA 8. Prueba de Diferenciación de Tukey para Tiempo de desarrollo

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
8	2	2.35	c
15	2	2.6	c
7	2	3.95	b
16	2	4.3	ba
12	2	4.4	ba
10	2	4.5	ba
4	2	4.55	ba
14	2	4.6	ba
5	2	4.65	ba
11	2	4.75	ba
3	2	4.8	ba
13	2	5.0	ba
6	2	5.05	a
2	2	5.1	a
9	2	5.15	a
1	2	5.25	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

También es importante considerar que los tiempos de desarrollo muy largos no son convenientes, puesto que la reducción del tiempo de desarrollo de la masa, permitiría conseguir una mayor mecanización y acortamiento de tiempo en los procesos de panificación [Tejero F., 2003].

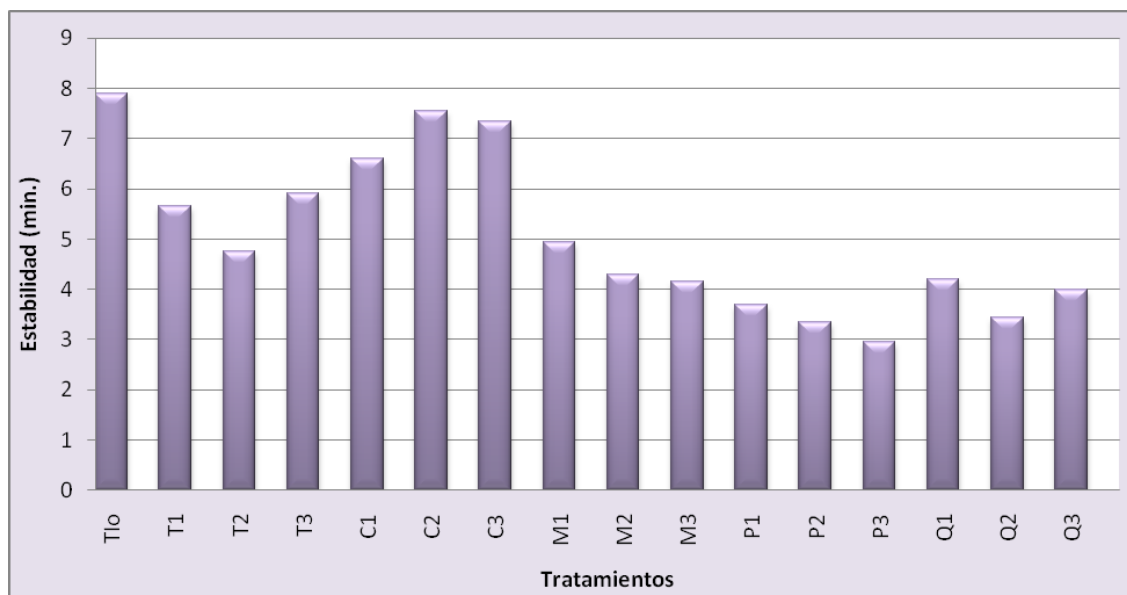
4.1.1.3. Estabilidad farinográfica

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual, la masa mantiene la máxima consistencia y se mide por el tiempo que la curva se encuentra sobre las 500 unidades farinográficas. [Pantanelli A., 1996]

El grafico 8 indica que la harina de trigo importado presentó un tiempo de estabilidad de 7,9 minutos; según Calaveras (1996) dicho valor corresponde a una harina fuerte por lo que presentará una fermentación más larga. Por otro lado, mezclas con harina de maíz, quinua y papa, formaron

masas débiles debido a que las proteínas que forman el gluten se reducen por la sustitución de harinas nacionales, las cuales no poseen gluten.

GRÁFICO 8. Farinografía: Resultados de Estabilidad en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₁**= 90% trigo importado+10% trigo nacional; **T₂**= 80% trigo importado+20% trigo nacional; **T₃**= 70% trigo importado+30% trigo nacional; **C₁**= 90% trigo importado+10% cebada nacional; **C₂**= 80% trigo importado+20% cebada nacional; **C₃**= 70% trigo importado+30% cebada nacional; **M₁**= 90% trigo importado+10% maíz nacional; **M₂**= 80% trigo importado+20% maíz nacional; **M₃**= 70% trigo importado+30% maíz nacional; **P₁**= 90% trigo importado+10% papa nacional; **P₂**= 80% trigo importado+20% papa nacional; **P₃**= 70% trigo importado+30% papa nacional; **Q₁**= 90% trigo importado+10% quinua nacional; **Q₂**= 80% trigo importado+20% quinua nacional; **Q₃**= 70% trigo importado+30% quinua nacional.

En la Tabla 9 se encuentra el análisis estadístico correspondiente a Estabilidad de mezclas de harinas, cuyo ANOVA determinó que existe una diferencia estadística a un nivel de confianza del 95% entre las muestras de harinas, por lo que se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple de Tukey para establecer los tratamientos semejantes a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1).

TABLA 9. Análisis de Varianza para Estabilidad

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	76,2547	15	5,08365	19,44 *	0,0000
Residuo	4,185	16	0,261562		
Total (Corr.)	80,4397	31			

Valor F tablas= 2,352

* Significancia $\alpha= 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

Según la Prueba de Tukey (Tabla 10) realizada a un nivel de significancia de 0,05, se estableció que los tratamientos T₁₁ (70% harina trigo importado+30% harina trigo nacional), T₂ (90% harina trigo importado+10% harina cebada nacional), T₃ (70% harina trigo importado+30% harina cebada nacional) y T₆ (80% harina trigo importado+20% harina cebada nacional) muestran valores de estabilidad semejantes a la muestra testigo (T₁₀=Harina de Trigo importado CWRS # 1), por lo tanto se consideran como harinas de calidad discretas a buenas. [Pantanelli A., 1996]

TABLA 10. Prueba de Diferenciación de Tukey para Estabilidad

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
13	2	2.95	f
9	2	3.35	f
16	2	3.45	f
5	2	3.7	fe
12	2	4.0	fed
8	2	4.15	fed
4	2	4.2	fed
15	2	4.3	fed
1	2	4.75	fedc
7	2	4.95	fedc
14	2	5.65	edcb
11	2	5.9	dcba
2	2	6.6	cba
3	2	7.35	ba
6	2	7.55	ba
10	2	7.9	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

En mezclas con harina de cebada se obtuvieron tiempos de estabilidad más prolongados, aún a mayores porcentajes de sustitución (7,35 minutos al 30% de sustitución), incluso mejores que las mezclas con harina de trigo nacional, lo cual podría deberse a la presencia de almidón dañado y pentosanos que afectan las características reológicas de las masas de harinas. [Panera, 2009b]

Por otro lado, los tratamientos T₇, T₁₅, T₈, T₄, T₁₆, T₁₂, T₅, T₉, T₁₃, T₁ y T₁₄, que corresponden a mezclas de maíz, quinua, papa y trigo, respectivamente; presentan diferencia estadísticamente significativa en relación al tratamiento testigo (harina de trigo importado), los valores obtenidos son inferiores a 4,95 minutos (excepto la mezcla con harina de trigo nacional al 20% de sustitución con 5,65 minutos). En consecuencia, estas mezclas resultan ser harinas de calidad inferior [Asociación Argentina Pro Trigo, 1996].

Además, con dichos valores obtenidos de estabilidad (inferiores a 7 minutos) se puede establecer que no son aptos para la elaboración de pastas, puesto que se necesita de una harina con óptimas características de elasticidad y resistencia (harina fuerte) con valores de estabilidad de 12 minutos [Industrias Harineras Molino San Salvador, 2009]. Sin embargo, aplicar la tecnología apropiada y procesos de precocción permitirían modificar las características de estas harinas para dicho fin.

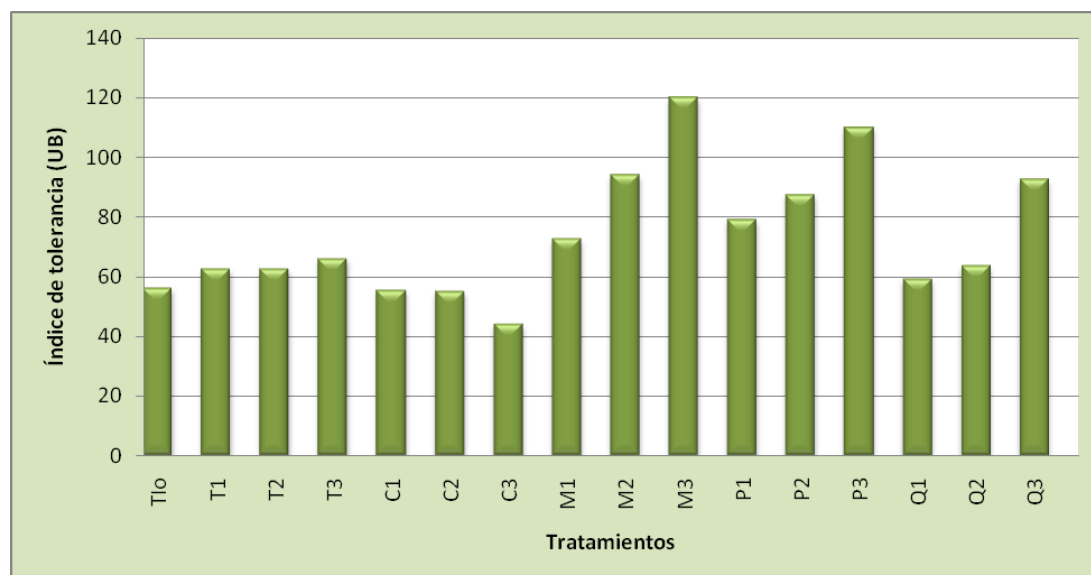
Con lo que respecta a harinas 100% puras, en las figuras 8 y 40 se puede observar las diferencias entre la harina testigo y la harina de trigo nacional, respectivamente; por lo que esta última se presenta como una harina débil con un alto grado de decaimiento y poca estabilidad; asimismo los valores de las farinogramas con harina de cebada, maíz, papa y quinua (figuras 41, 42, 43 y 44, respectivamente) no son determinables puesto que las masas no presentaron características viscoelásticas.

4.1.1.4. Índice de Tolerancia

El índice de tolerancia representa la resistencia de la masa durante el amasado (es la caída de la curva 5 minutos después del punto más alto); un valor alto significa que la harina se debilitará rápidamente después de alcanzar el máximo desarrollo. [Calaveras J., 1996], [Lallemand, 2009]

El grafico 9 señala que la harina de trigo importado presenta un índice de tolerancia de 56 UB, lo que se comprueba que, por sus características de tiempo de desarrollo adecuado, gran estabilidad y tolerancia de mezclado, se la puede clasificar como una harina buena para fines de mezcla, así como para la elaboración de pan y fideos, ya que para pan común se establece un índice de tolerancia < 125 UB [Calaveras J., 1996].

GRÁFICO 9. Farinografía: Resultados de Índice de Tolerancia en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₁₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₁**= 90% trigo importado+10% trigo nacional; **T₂**= 80% trigo importado+20% trigo nacional; **T₃**= 70% trigo importado+30% trigo nacional; **C₁**= 90% trigo importado+10% cebada nacional; **C₂**= 80% trigo importado+20% cebada nacional; **C₃**= 70% trigo importado+30% cebada nacional; **M₁**= 90% trigo importado+10% maíz nacional; **M₂**= 80% trigo importado+20% maíz nacional; **M₃**= 70% trigo importado+30% maíz nacional; **P₁**= 90% trigo importado+10% papa nacional; **P₂**= 80% trigo importado+20% papa nacional; **P₃**= 70% trigo importado+30% papa nacional; **Q₁**= 90% trigo importado+10% quinua nacional; **Q₂**= 80% trigo importado+20% quinua nacional; **Q₃**= 70% trigo importado+30% quinua nacional.

Por otra parte, valores altos se registraron para mezclas de harina de maíz y papa a niveles 30%, 20% y 10% de sustitución, por lo que se comprueban que son harinas débiles con poca tolerancia.

El Análisis de Varianza para el Índice de Tolerancia (Tabla 11) indicó que existe diferencia estadística entre las muestras de harinas a un nivel de confianza del 95%, por lo tanto se estableció los tratamientos similares a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1) a través de la prueba de comparación múltiple de Tukey.

TABLA 11. Análisis de Varianza para Índice de Tolerancia

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Tratamientos	13907,0	15	927,131	43,95 *	0,0000
Residuo	337,5	16	21,0938		
Total (Corr.)	14244,5	31			

Valor F tablas= 2,352

* Significancia $\alpha= 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

La respectiva prueba de Diferenciación de Tukey (Tabla 12) determinó que los tratamientos T₃, T₆, T₂, T₄, T₁₄, T₁, T₁₆, T₁₁ y T₇ son similares entre sí y con la harina de trigo importado, por lo que todas las mezclas de cebada (T₃, T₆, T₂), mezclas con trigo nacional (T₁₄, T₁, T₁₁), mezclas con quinua (T₄ y T₁₆ al 10 y 20% de sustitución) y mezcla trigo importado-maíz 10% p/p (T₇) muestran el mismo efecto al tratarse del índice de tolerancia de las masas de harina, es decir, presentan una mayor tolerancia al amasado.

Por lo contrario, los tratamientos T₅, T₉, T₁₂, T₁₅, T₁₃ y T₈ presentaron diferencia significativa con respecto a la muestra testigo (T₁₀=Harina de trigo importado CWRS # 1), por lo que las mezclas con harinas de maíz y papa tuvieron un incremento de tolerancia progresivo; así, en el caso de las mezclas con papa se obtuvo un valor de 79 U.B. para la muestra al 10% de

sustitución, para el 20% de sustitución un valor de 87,5 U.B. hasta llegar a 110 U.B. para el 30% de sustitución.

TABLA 12. Prueba de Diferenciación de Tukey para Índice de Tolerancia

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	Mean	Homogeneous Groups
3	2	44.0	g
6	2	55.0	gf
2	2	55.5	gf
10	2	56.0	gf
4	2	59.0	gf
14	2	62.5	fe
1	2	62.5	fe
16	2	63.5	fe
11	2	66.0	fe
7	2	72.5	fed
5	2	79.0	edc
9	2	87.5	dc
12	2	92.5	cb
15	2	94.0	cb
13	2	110.0	ba
8	2	120.0	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

Dichos resultados demuestran que el índice de tolerancia y la estabilidad son dos variables que indican la fuerza de la harina; puesto que, mientras más prolongado sea el tiempo en que la masa se mantiene en la máxima consistencia (500 U.B.) menor es el índice de tolerancia, por tanto más fuerte es la masa.

4.1.2. Selección de los Mejores Tratamientos

La selección de los mejores tratamientos se realizó considerando las muestras cuyas características farinográficas fueron similares a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS#1) mediante un análisis estadístico (diseño experimental de un solo factor) aplicando ANOVA y Prueba de Tukey, obteniendo los siguientes resultados:

La absorción de agua presentó resultados similares entre la muestra testigo (Harina de Trigo importado CWRS # 1) y las mezclas con trigo

nacional, cebada, maíz y quinua con valores entre 60 a 65%; en el caso de mezclas con harina de papa, el efecto de una precocción influyó en un incremento considerable de este valor.

El tiempo de desarrollo para la harina de trigo importado resultó de 4,5 minutos, es decir un tiempo adecuado en panificación; resultados similares se obtuvieron para todas las muestras de trigo nacional, cebada, quinua, papa y una sola muestra de maíz (al 10% de sustitución). Las mezclas con harina de maíz al 30% y 20% de sustitución presentaron tiempos de desarrollo muy bajos.

La estabilidad es un parámetro importante para establecer si una harina es considerada como fuerte o débil; la harina de trigo importado al ser más estable en el tiempo es una harina fuerte registrando un valor de 7,9 minutos; valores similares resultaron para las mezclas con harina de cebada al 10, 20 y 30% de sustitución y la mezcla con trigo nacional al 30% de sustitución considerándose harinas de calidad discreta. Mezclas con harina de maíz, quinua y papa presentaron tiempos de estabilidad bajos.

Mezclas con harina de cebada, trigo nacional y mezclas con harina de quinua al 10 y 20% de sustitución presentaron valores bajos de índice de tolerancia similares a los obtenidos con harina de trigo importado, por tanto presentan mayor tolerancia al amasado. Valores altos de este parámetro se evidenciaron en mezclas con harina de maíz y papa.

Por lo tanto, los mejores tratamientos considerando un tiempo de desarrollo adecuado, una buena estabilidad y un bajo índice de tolerancia, son: 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional y 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional, donde a través de un análisis estadístico a un nivel de significancia de 0,05 presentan características similares a la muestra testigo (Harina de Trigo importado CWRS # 1).

4.1.3. Caracterización Alveográfica en Mezclas de Harinas

Los mejores tratamientos de mezclas de harinas fueron evaluados mediante un análisis alveográfico para caracterizar el comportamiento de las masas y su retención de gases durante el reposo después del amasado, cuyos resultados representados en los alveogramas se encuentran en el Anexo C-2 (Figura 45 a 52).

En la Tabla 13, se encuentran los parámetros con mayor relevancia del análisis alveográfico como: equilibrio (relación entre tenacidad o presión/extensibilidad) y fuerza de la masa, correspondientes a harina de trigo importado y las mezclas de harina de trigo importado con harinas de cebada y trigo nacional.

TABLA 13. Resultados de los alveogramas realizados con las mejores mezclas de harinas

Código	MUESTRA	HUMEDAD	TENACIDAD (P)	EXTENSIBILIDAD (L)	FUERZA (W)	EQUILIBRIO (P/L)
		%	(mm)	(mm)	(J * 10 ⁻⁴)	
T ₀	Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo)	13,30	74,00	98,00	216,00	0,76
T ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de trigo nacional	13,15	91,00	65,00	201,00	1,40
C ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de cebada nacional	13,10	85,00	83,00	223,00	1,02
C ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de cebada nacional	13,35	123,00	47,00	222,00	2,62
C ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de cebada nacional	13,50	156,00	32,00	215,00	4,88

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

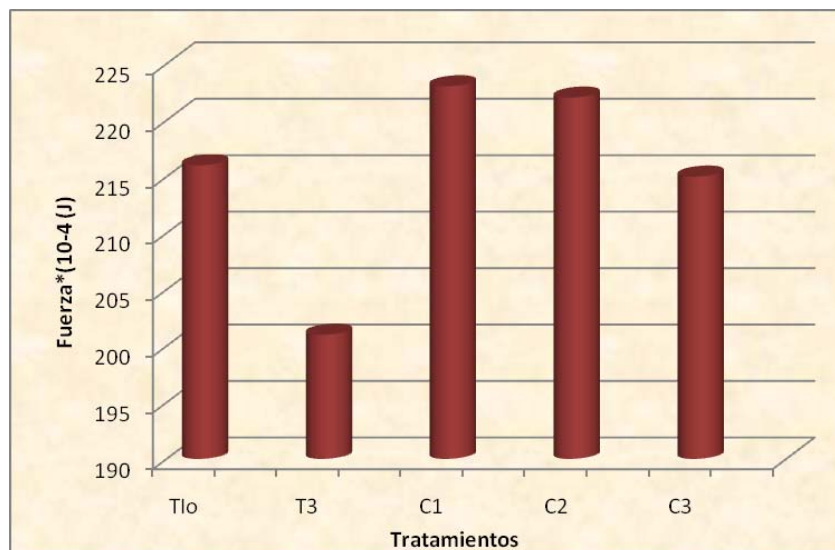
4.1.3.1. Fuerza panadera (W)

El valor W (fuerza panadera) expresa el trabajo de deformación de la masa y representa de cierta manera a la cantidad y calidad del gluten presente; es uno de los parámetros más importante ya que permite clasificar

a los trigos en duros, semiduros y blandos, de acuerdo a su aptitud de uso industrial [SAGARPA. 2007]. Este parámetro es expresado en $J \cdot 10^{-4}$, pero en términos molineros solo se utiliza la cantidad en cifras enteras.

En el gráfico 10, la harina de trigo importado con un valor de W de 216 indica que no es una harina de gran fuerza [Industrias Harineras Molino San Salvador, 2009; López F., 2008]; no obstante, una harina es considerada buena para panificación si tiene una W entre 140 a 160 y una relación P/L entre 0,5 y 0,6. Para productos de horno fermentados se debe utilizar harinas más fuertes con una W entre 180 y 200 [Pantanelli A., 1996].

GRÁFICO 10. Resultados de Fuerza (W) en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₃**= 70% harina trigo importado+30% harina trigo nacional; **C₁**= 90% harina trigo importado + 10% harina cebada nacional; **C₂**= 80% harina trigo importado + 20% harina cebada nacional; **C₃**= 70% harina trigo importado + 30% harina cebada nacional

Para mezclas con harina de trigo nacional y cebada, los valores de W son mayores a 201 y 215, respectivamente (Gráfico 10); por lo que pueden considerarse como harinas aptas para panificación [Pantanelli A., 1996], ya que la capacidad del gluten para retener gas carbónico e incrementar el volumen del pan es suficiente; teniendo en cuenta que estos valores deben ser siempre equilibrados [Calaveras J., 1996].

Hay que tomar en cuenta, que la cantidad de almidón dañado presente en las mezclas de harinas influye de una forma directa en la fuerza panadera, tenacidad, extensibilidad y equilibrio, puesto que mientras mayor es la cantidad de almidón dañado, se requiere más energía para la deformación de la masa, por tanto más tenaz y poco extensible se vuelve la masa. [Calaveras J., 1996]

4.1.3.2. Equilibrio (P/L)

Otra variable de interés en el análisis alveográfico es la relación que existe entre la resistencia que ofrece la masa al ser estirada y la capacidad para dejarse estirar, es el término que se emplea para definir el equilibrio de las masas. [Tejero F., 2009a]

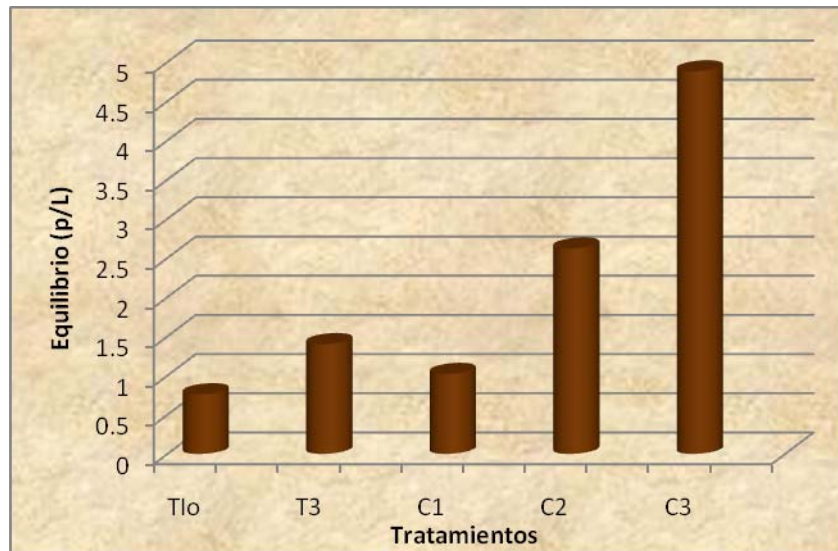
El gráfico 11 muestra que la harina de trigo importado CWRS #1 presenta un valor de equilibrio de 0,76 que es el valor más bajo de todas las muestras analizadas; de acuerdo a sus características de tenacidad/extensibilidad entre 0,3 y 0,7 y W mayor a 170, esta harina presenta buenas aptitudes para panificación. [Pantanelli A., 1996]

De igual manera, se observa que las mezclas con harina de trigo nacional y cebada, en su mayoría, son más tenaces que extensibles, por lo tanto los valores de equilibrio son mayores a 1; sin embargo, la interacción entre sus componentes (proteína-almidón) permite un adecuado desarrollo de la masa durante la fermentación debido a su capacidad de resistir a la presión del gas, a niveles bajos de sustitución. [Proyecto PHPPF, 2009].

Es importante tomar en cuenta, que el equilibrio ideal de las harinas estará en función del tipo de pan [Moros C., 2009], puesto que harinas muy tenaces presentan masas difíciles de trabajar y tienden a encogerse después de formado de las piezas de pan; por lo contrario, masas muy extensibles presentan poca resistencia a la presión que ejercen los gases lo

que tiende a un relajamiento de la misma como consecuencia la obtención de panes aplanados y poco desarrollados. [Calaveras J., 2009]

GRÁFICO 11. Resultados de Equilibrio (P/L) en harinas



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo); **T₃**= 70% harina trigo importado + 30% harina trigo nacional; **C₁**= 90% harina trigo importado + 10% harina cebada nacional; **C₂**= 80% harina trigo importado + 20% harina cebada nacional; **C₃**= 70% harina trigo importado + 30% harina cebada nacional

Por otro lado, en mezclas con harina de quinua y papa, a pesar que presentan una fuerza (W) mayor al estiramiento con valores promedios superiores a 208, también se muestran como masas muy tenaces y poco extensibles por lo que son consideradas como harinas débiles (Figura 50 y 51, respectivamente). De igual manera, resulta en mezclas con harina de maíz (Figura 52) con valores bajos en cuanto a equilibrio y fuerza panadera. No obstante, estas harinas se pueden utilizar para fines de panificación con bajos porcentajes de sustitución. [Proyecto PHPPF, 2009]

La elaboración de pastas alimenticias requiere harinas con un alto contenido proteico que forma una masa muy tenaz y de baja extensibilidad con valores de P/L: 1,30 y W de 250 [Industrias Harineras Molino San Salvador, 2009]; por lo que buscar la tecnología apropiada para la

elaboración de fideos sería una alternativa ya que mezclas con harina de cebada y trigo nacional presentan una disminución en su calidad proteica.

4.1.4. Caracterización Reológica en Mezclas de Harinas

Los mejores tratamientos obtenidos mediante el análisis estadístico fueron estudiados a través del Mixolab, equipo que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida a amasado y procesos de calentamiento y enfriamiento. Los resultados alcanzados del mixolab profiler y mixolab standard se encuentran en el Anexo C-3 (Figura 53 a 60).

4.1.4.1. Análisis de masas a través del Mixolab Profiler

En la Tabla 14, se registran los datos obtenidos en el mixolab profiler, que corresponden a la absorción de agua, índice de amasado, índice de gluten, viscosidad, resistencia a la amilólisis e índice de retrogradación.

TABLA 14. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Profiler

MUESTRA	ABSORCION DE AGUA	AMASADO	GLUTEN +	VISCOSIDAD	AMILASAS	RETROGRADACION
Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo)	7	3	6	6	7	7
70% de harina de trigo importado + 30% de harina de trigo nacional	7	3	6	5	7	6
90% de harina de trigo importado + 10% de harina de cebada nacional	8	4	7	6	7	6
80% de harina de trigo importado + 20% de harina de cebada nacional	8	3	8	5	7	5
70% de harina de trigo importado + 30% de harina de cebada nacional	8	5	8	4	7	6

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

4.1.4.1.1. Absorción de Agua

El potencial de hidratación de las harinas se ve reflejado en su capacidad de absorber agua hasta formar una masa viscoelástica; cualidad que se encontró en las mezclas con harina de cebada y trigo nacional, ya que presentan características similares a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1), puesto que sus índices oscilan entre valores de 7 a 8, como se muestran en la Tabla 14.

Otros parámetros como el almidón dañado y la humedad de la muestra influyen de manera directa en la absorción de agua [Granotec, 2009]. Sanstedt y Schroeder (1955) indicaron que el almidón dañado es el gran responsable de las diferencias en absorción de agua, propiedades de manipulación de la masa, producción de azúcares y aflojamiento durante la fermentación [Pazmiño y Salavarría, 1982].

De igual manera, Farrand y colaboradores (1969) expresan que la absorción de agua es una función primaria de la proteína y almidón dañado, un incremento de uno u otro, podría incrementar el valor de este parámetro [Pazmiño y Salavarría, 1982].

4.1.4.1.2. Amasado

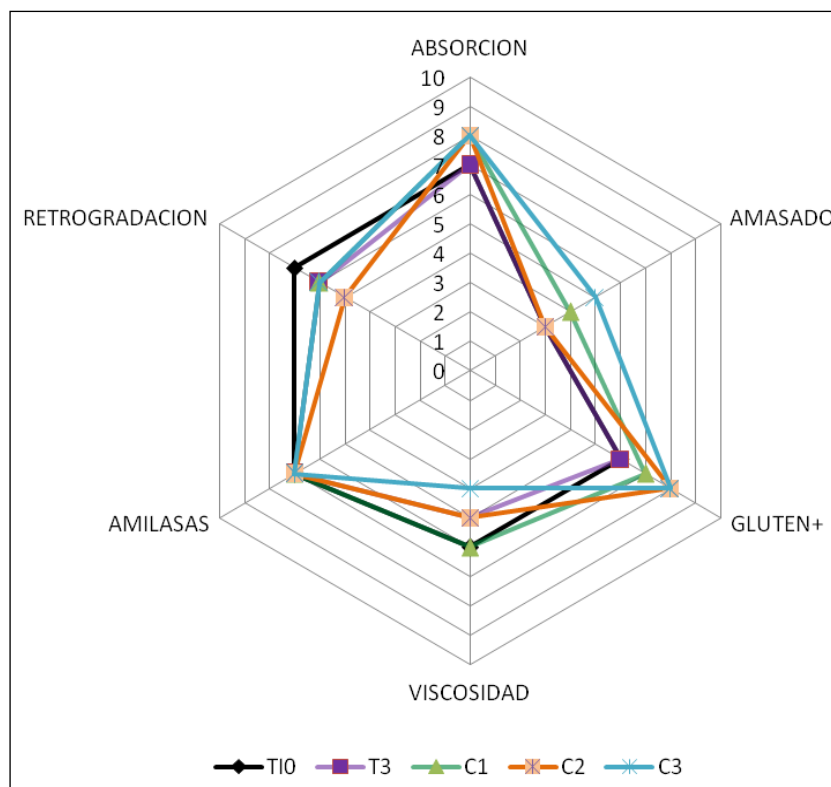
El comportamiento durante el amasado es una característica que indica la resistencia de la masa a dicho proceso. A niveles intermedios de humedad y con agitación continua, el sistema harina-agua se vuelve menos húmedo y pegajoso, constituyéndose en una masa cohesiva y elástica. Al mezclar por largos periodos, la masa se vuelve más resistente a la extensión, lo cual se conoce como el desarrollo completo de la masa. [Rodríguez et al., 2005a].

El gráfico 12 muestra que las mezclas con harina de cebada al 10% y 30% de sustitución presentan mayor estabilidad en el amasado con índices

que oscilan entre 4 a 5; mientras que para la mezcla de harina de trigo nacional, mezcla con cebada al 20% de sustitución y harina de trigo importado CWRS # 1 se presentan valores de 3, lo que indica que a mayor índice más estable es la masa; sin embargo estos resultados no son sustancialmente diferentes.

Es importante tomar en cuenta la forma en que la deformación actúa sobre la masa, puesto que tiene una gran influencia en la estructura y el desarrollo de la masa, y eventualmente, en la calidad del producto final, por esta razón es muy importante relacionar esta propiedad con la acción mecánica del mezclador. [Jongen et al., 2003]

GRÁFICO 12. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Profiler



Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

T₁₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **T₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

4.1.4.1.3. Fuerza del Gluten

El índice de gluten da una idea de la fuerza de las proteínas, este índice se refiere a la calidad de la proteína y no a la cantidad. Los componentes que mayoritariamente determinan la calidad panadera del trigo son las proteínas formadoras de gluten, estas proteínas son las gluteninas y gliadinas. Se considera que las gliadinas le dan extensibilidad y viscosidad a las masas, mientras que las gluteninas le dan elasticidad y fuerza [Carceller y Aussenac, 1999].

Según la Tabla 14, la mezcla con harina de trigo nacional tiene igual índice de gluten que la muestra patrón (harina de trigo importado CWRS#1) con un valor de 6, mientras que mezclas con harina de cebada presentan índices entre 7 a 8; cabe indicar que el comportamiento proteico de la harina de cebada es semejante al del trigo nacional a diferencia del maíz, quinua y papa [Proyecto PHPPF, 2009].

En efecto, la cebada tiene un contenido de proteína similar (Tabla 3) y la cistina se encuentra aproximadamente en la misma concentración que en el trigo nacional, pero con menor contenido de grupos sulfhidrilos libres (SH) con 0,5 μmoles SH/gr proteína en relación a 0,7 μmoles SH/gr proteína para trigo nacional [Proyecto PHPPF, 2009]. Por tanto, las propiedades reológicas de la masa se verían afectadas, mejorando así la estabilidad de las masas, a pesar del reducido contenido de gluteninas y gliadinas.

4.1.4.1.4. Viscosidad y Amilasas

La influencia de la actividad amilásica es de gran importancia en las características de la miga de pan. La amilasa disminuye rápidamente la viscosidad de la masa del almidón gelatinizado e hidroliza el almidón (55-65°C) es decir en su inicio y la inactivación de las enzimas durante el proceso de cocción (75°C) es factor determinante para la calidad de la miga del pan. [Calaveras J., 1996]

En el gráfico 12 se observa que las mezclas de trigo nacional y cebada registran índices que oscilan entre 4-6; por lo que mientras más alto el índice más viscosa es la masa (la actividad amilásica es menos fuerte); sin embargo estos niveles de viscosidad son adecuados puesto que no afectan características como la apariencia y textura del pan [Proyecto PHPPF, 2009]. Además, cambios en el comportamiento viscoso de las masas es causado por la presencia del almidón dañado y pentosanos [Rodríguez et al., 2005a] [Panera, 2009b].

Por otro lado, las enzimas tienen la capacidad de modificar la viscosidad y elasticidad de las masas. Otro factor a considerar es la resistencia de la amilasa; así, para mezclas de trigo nacional, cebada y trigo importado los valores son de 7, mientras más alto el índice menos fuerte la actividad amilásica (caída de consistencia menos fuerte), por tanto, es importante controlar la cantidad de amilasas con el fin de conservar adecuadas características del pan y fideos, puesto que una excesiva actividad amilásica provoca masas blandas, pegajosas y difíciles de trabajar. [SAGARPA, 2007]

La concentración de enzimas en la panificación debe ser estandarizada, puesto que durante el horneado, la alfa-amilasa rompe una porción de gránulos de almidón cuando ellos empiezan a gelatinizar, esto incrementa el volumen de la hogaza al retardar la fijación del almidón y permitiendo una mayor expansión de la masa. Asimismo, ayudan a regular la velocidad de fermentación y facilitan color al pan. [Lallemand, 1996].

4.1.4.1.5. Retrogradación

En el proceso de retrogradación, los polímeros solubles del almidón y los fragmentos granulares insolubles presentes se reasocian después del calentamiento. Eventualmente se forman agregados cristalinos, acompañados por un incremento gradual en la rigidez, una opacidad en la suspensión y la separación de fases entre el polímero y el agua (sinéresis)

[Biliaderis C., 1992] [Rodríguez et al., 2006]. Es así, que los cambios físicos que acompañan a la retrogradación del almidón han sido propuestos como la principal causa de endurecimiento del pan. [Calaveras J., 1996]

En la Tabla 14, se observa que para mezclas de harina de trigo nacional, cebada y trigo importado se reportaron valores que oscilan entre 5 a 7, lo que se concluye que a mayor índice menos tiempo de vida útil tiene el producto (retrogradación más rápida), por lo que dichos valores se encuentran en un rango adecuado para la elaboración de productos panificables.

El índice de retrogradación da una información importante sobre el potencial de conservación del producto final; en el caso de productos de panificación como el pan, no se necesita mayor tiempo de conservación puesto que es un producto de consumo diario, pero en el caso de pastas alimenticias el tiempo de conservación del producto debe ser más prolongado.

4.1.4.2. Análisis de masas a través del Mixolab Standard

En la Tabla 15, se presentan los parámetros de cálculo (Ci) obtenidos en el mixolab standard, así: C1: Desarrollo, C2: Debilitamiento de las proteínas, C3: Gelatinización del almidón, C4: Actividad amilásica y C5: Gelificación del almidón. Dichos resultados se reportan en Nm (Newton por metro) que representa la magnitud de un torque o par, es decir, viene a ser la estimación de la rotación que puede provocar una fuerza en la masa de harina y representa la consistencia de la misma.

El parámetro C1 indica el desarrollo de la masa, desde la cantidad de agua que la harina puede absorber hasta obtener una consistencia adecuada durante una temperatura constante (desarrollo completo de la masa); en cuanto al poder de absorción, se puede determinar que las mezclas con harina de cebada, trigo nacional y trigo importado son similares,

ya que no presenta una diferencia sustancial entre sus muestras con valores que oscilan entre 60,5 a 61,8%.

TABLA 15. Caracterización del comportamiento reológico de mejores mezclas de harinas en el Mixolab Standard

CARACTERÍSTICAS	HARINA TRIGO IMPORTADO	70% TRIGO IMP + 30% TRIGO NAC	90% TRIGO IMP + 10% CEBADA NAC	80% TRIGO IMP + 20% CEBADA NAC	70% TRIGO IMP + 30% CEBADA NAC
	T ₀	T ₃	C ₁	C ₂	C ₃
ABSORCIÓN (%)	60,50	60,90	61,80	61,80	61,80
C1 (Nm)	1,15	1,11	1,08	1,06	1,15
C2 (Nm)	0,48	0,51	0,53	0,53	0,61
C3 (Nm)	1,80	1,79	1,81	1,77	1,86
C4 (Nm)	1,71	1,71	1,68	1,64	1,67
C5 (Nm)	2,63	2,58	2,51	2,36	2,45

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

En la Tabla 15, el parámetro C2 indica el debilitamiento de las proteínas, donde la harina de trigo importado con un par de 0,48 Nm, debido al aumento de la temperatura, presenta una disminución más rápida en su consistencia que las otras muestras; la intensidad de este debilitamiento es menor con el aumento de sustitución en las mezclas con cebada nacional (par entre 0,53 a 0,61 Nm). Cabe recalcar que harinas con un C2 inferior a 0,5 Nm, proporcionan una masa de tenacidad adecuada y panes voluminosos (presentan cierta flexibilidad de la red glutínica), un C2 superior a 0,6 Nm proporcionan generalmente una masa de tenacidad elevada, conduciendo a un pan de mediocre volumen. [Chopin Technologies, 2006a]

El incremento de temperatura es el indicativo que la etapa 3 ha iniciado, se refiere a la gelatinización del almidón (parámetro C3), siendo evidente un incremento de este parámetro en mezclas de cebada (10 y 30% de sustitución), es decir la viscosidad es más rápida en estas mezclas; la intensidad de este incremento puede atribuirse a la calidad del almidón. [Chopin Technologies, 2008]

El parámetro C4 indica la actividad amilásica en las muestras de harinas, siendo menor en la harina de trigo importado y mezcla con trigo nacional y con un leve incremento en mezclas de cebada, puesto que presentan estas últimas una ligera disminución de la consistencia en esta etapa como se muestra en la Tabla 15.

El último parámetro es la gelificación del almidón (C5) donde al enfriarse la masa aumenta su consistencia; para la muestra de trigo importado la retrogradación es más rápida, seguida de la mezcla de trigo nacional y las mezclas con cebada, pero no se presentan diferencias sustanciales por lo que el tiempo de conservación de un producto elaborado con estas mezclas sería muy similar.

Por otro lado, mezclas con harina de maíz, quinua y papa nacional (Figura 58 a 60, respectivamente), presentaron valores limitados en cuanto a absorción de agua (excepto las mezclas de papa), resistencia al amasado, viscosidad, actividad amilásica, no refuerzan la calidad del gluten, por lo contrario se presentan como masas tenaces; sin embargo estas mezclas prolongan el tiempo de vida útil del producto final ya que el proceso de retrogradación es menos rápido.

4.1.5. Análisis de pan en los mejores tratamientos

4.1.5.1. Análisis sensorial

La evaluación sensorial se realizó con los mejores tratamientos obtenidos: T₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, C₁= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, C₂= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, C₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional; a través de la elaboración de un pan popular [Levapán, 2009], de esta manera ofrecer al catador o juez un

producto similar al que se expende en cualquier panadería o tienda, para determinar el grado de aceptación del producto.

La aceptabilidad del producto fue evaluada por un panel de 50 jueces no entrenados, lo que permite obtener características similares de la población que consumirá el producto. Asimismo, para estudios de aceptabilidad, Saltos (1993) menciona que diversos autores como Kramer et al. (1963) sugieren equipos de 40-50 personas para estudios de optimización de nuevos productos. Lagrange y Norback (1987) proponen no menos de 50 consumidores y Moskowitz (1994) argumenta entre 30 y 50 consumidores.

Las respuestas sensoriales obtenidas de la evaluación de aceptabilidad del pan se encuentran en el Anexo B-2, que corresponden a los atributos de apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad, las cuales se describen a continuación:

4.1.5.1.1. Apariencia del Pan

La apariencia se refiere al aspecto exterior del pan, reflejado en su simetría, es decir su forma redondeada que no presenta golpes, hundimiento o alguna deformación. [INEN Norma 530., 1980]

En la Tabla 16, el análisis de varianza para el atributo “Apariencia del pan” estableció que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre la muestra testigo: harina de trigo importado con las mezclas de harina de cebada y trigo nacional; por lo que dicho resultado favorece la aceptabilidad del producto puesto que la apariencia externa del pan, es con frecuencia, un factor atractivo para el consumidor.

Los valores obtenidos para el atributo “aparencia del pan” resultaron entre 3,7 a 3,95 puntos sobre 5 puntos, lo que se califica como buena apariencia del pan; por tanto los jueces a simple vista no encuentran diferencia en el producto.

TABLA 16. Análisis de Varianza para Apariencia del pan

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	1.336	4	0.334	1.37	0.2466
B:Catadores	43.561	49	0.889	3.64	0.0000
RESIDUAL	47.864	196	0.244204		
TOTAL (CORRECTED)	92.761	249			

Valor F tablas= 2,417

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

4.1.5.1.2. Color del Pan

Las altas temperaturas generan reacciones en la corteza tales como las reacciones de Maillard y caramelización que provocan el color, olor y sabor característico del pan.

En la Tabla 17 el análisis estadístico de varianza (ANOVA) correspondiente a “Color del Pan” determinó que existe una diferencia significativa a un nivel de significancia de 0,05 entre las muestras de harinas, por tanto para establecer los tratamientos que difieren con la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1) se realizó la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey.

TABLA 17. Análisis de Varianza para Color del pan

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	17.754	4	4.4385	17.31 *	0.0000
B:Catadores	35.424	49	0.722939	2.82	0.0000
RESIDUAL	50.246	196	0.256357		
TOTAL (CORRECTED)	103.424	249			

Valor F tablas= 2,417

* Significancia $\alpha = 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

Según la Tabla 18, la Prueba de Diferenciación de Tukey para Color del pan establece una similitud entre la muestra testigo (T_3) y mezclas con harina de cebada al 10 y 20% de sustitución (T_4 y T_2 , respectivamente) pero difieren de los tratamientos 1 y 5 correspondientes a mezcla con harina de trigo nacional y cebada al 30% de sustitución. Sin embargo, esta diferencia no es relevante puesto que los valores promedios de las muestras oscilan alrededor de 3 puntos sobre 5 puntos calificando al pan de un color dorado; tratamientos como el T_1 y T_5 presentaron una coloración un poco pálida.

TABLA 18. Prueba de Diferenciación de Tukey para Color del pan

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	50	2.59	b
5	50	2.68	b
4	50	3.06	a
2	50	3.21	a
3	50	3.22	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

T_1 = 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, T_2 = 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, T_3 = Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), T_4 = 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, T_5 = 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

4.1.5.1.3. Sabor del Pan

En la Tabla 19 se muestra el análisis estadístico correspondiente a “Sabor del Pan”, en donde el ANOVA determinó una diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre las muestras de harinas, por lo que una prueba de comparación múltiple de Tukey es útil para analizar los tratamientos semejantes a la muestra testigo (harina de trigo importado CWRS # 1).

TABLA 19. Análisis de Varianza para Sabor del pan

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	8.834	4	2.2085	5.39 *	0.0004
B:Catadores	71.269	49	1.45447	3.55	0.0000
RESIDUAL	80.366	196	0.410031		
TOTAL (CORRECTED)	160.469	249			

Valor F tablas= 2,417 * Significancia $\alpha = 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

La respectiva prueba de Diferenciación de Tukey (Tabla 20) determinó que el tratamiento T₅ correspondiente a la mezcla con harina de cebada al 30% de sustitución es diferente significativamente con la muestra testigo, sin embargo este tratamiento presenta el mayor puntaje (4,15 puntos sobre 5 puntos) en cuanto a sabor con la calificación de agrada poco.

TABLA 20. Prueba de Diferenciación de Tukey para Sabor del pan

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	50	3.64	b
4	50	3.69	b
3	50	3.71	b
2	50	3.9	ba
5	50	4.15	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

T₁= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, T₂= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, T₃= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), T₄= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, T₅= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Los tratamientos que corresponden a la muestra testigo (T₃), mezcla con harina de trigo nacional al 30% de sustitución (T₁) y mezclas con harina de cebada al 10 y 20% de sustitución (T₄ y T₂, respectivamente) no difieren entre sí, con valores promedios de 3,64 a 3,9 puntos sobre 5 puntos,

calificando al pan con sabor que “ni agrada ni desagrada” a “agrada poco”. Cabe recalcar que para la elaboración del pan se utilizó ingredientes básicos por lo que su sabor no es muy agradable, ya que en la práctica, la incorporación de otros ingredientes (grasas, huevo, etc.) mejoran el sabor del mismo.

4.1.5.1.4. Textura del Pan

La textura del pan se refiere al grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto, pues la sensación producida por esta operación puede describirse como suave, elástica, desmenuzable, según el caso. Asimismo, la uniformidad de la miga es importante puesto que sus celdas deben ser pequeñas de tamaño uniforme, de forma oval y de paredes delgadas. [INEN Norma 530., 1980]

La Tabla 21 muestra el Análisis de Varianza para el atributo “Textura del Pan” determinando que existe diferencia estadística entre los tratamientos a un nivel de confianza del 95%, por tanto para establecer la existencia de grupos homogéneos entre los tratamientos se aplicó la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey.

TABLA 21. Análisis de Varianza para Textura del pan

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	40.606	4	10.1515	23.55 *	0.0000
B:Catadores	76.356	49	1.55829	3.61	0.0000
RESIDUAL	84.494	196	0.431092		
TOTAL (CORRECTED)	201.456	249			

Valor F tablas= 2,417

* Significancia $\alpha = 0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

La prueba de Tukey (Tabla 22) al 95% de confianza indicó que las muestras de harinas son heterogéneas; calificando al pan desde

“ligeramente duro” hasta “ligeramente suave” con valores promedios entre 2,78 a 3,82 puntos sobre 5 puntos. Sin embargo, la mezcla de cebada al 10% de sustitución (T₄) presenta una textura ideal “ni dura ni suave” con un valor de 3,17 puntos sobre 5 puntos, mostrando una semejanza con la muestra testigo (T₃) y la mezcla de trigo nacional al 30% de sustitución (T₁).

TABLA 22. Prueba de Diferenciación de Tukey para Textura del pan

Method: 95.0 percent Tukey HSD			
Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	50	2.78	d
3	50	2.82	dc
4	50	3.17	cb
1	50	3.53	ba
5	50	3.82	a

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

T₁= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, T₂= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, T₃= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), T₄= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, T₅= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

4.1.5.1.5. Aceptabilidad del Pan

La aceptabilidad del producto se refiere al conjunto de atributos como: color, olor, sabor, pero sobre todo es la valoración que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación al producto; por tanto la aceptación provoca el deseo a una persona para *adquirir* un producto. [Watts B., 1992] [Anzaldúa-Morales, 1996].

En la Tabla 23, el Análisis de Varianza para la “Aceptabilidad del Pan” estableció una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras de harinas a un nivel de significancia del 5%, por lo que para determinar las muestras con mayor aceptabilidad por parte del consumidor se empleó la Prueba de Diferenciación de Tukey.

TABLA 23. Análisis de Varianza para Aceptabilidad del pan

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	9.464	4	2.366	6.29 *	0.0001
B:Catadores	79.509	49	1.62263	4.31	0.0000
RESIDUAL	73.736	196	0.376204		
TOTAL (CORRECTED)	162.709	249			

Valor F tablas= 2,417 * Significancia $\alpha=0,05$

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

Según la Tabla 24, la Prueba de Tukey realizada a un nivel de significancia de 0,05 estableció que los tratamientos T₃, T₁, T₄, y T₂ correspondientes a la muestra de harina de trigo importado, mezcla con harina de trigo nacional al 30% de sustitución y mezclas con harina de cebada al 10 y 20% de sustitución respectivamente, no presentan diferencia significativa con valores promedios que oscilan entre 3,66 a 3,98 puntos sobre 5 puntos, indicando una aceptabilidad del pan que “ni agrada ni desagrada”. Por otra parte, se encontró cierta preferencia por parte de los jueces al tratamiento T₅ correspondiente a la mezcla 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

TABLA 24. Prueba de Diferenciación de Tukey para Aceptabilidad del pan

Method: 95.0 percent Tukey HSD				
Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups	
3	50	3.66	b	
4	50	3.71	b	
1	50	3.76	b	
2	50	3.98	ba	
5	50	4.18	a	

Fuente: Statgraphics Plus 4.0.

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009

T₁= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, T₂= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, T₃= Harina de Trigo importado CWRs # 1 (testigo), T₄= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, T₅= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Por lo tanto, la aceptabilidad que corresponde a “ni agrada ni desagrada” entre las muestras de harinas establece que el panelista no detecta diferencias entre las mezclas de harina de trigo nacional con importado y harina de cebada nacional con trigo importado; incluso el panelista encuentra más aceptable el tratamiento T₅ (mezcla con harina de cebada al 30% de sustitución) que la muestra testigo (harina de trigo importado), lo que significa que la introducción al mercado de un pan elaborado con harina de otros cereales no causaría su rechazo puesto que el catador a simple vista no distingue las muestras, al contrario causaría novedad por lo que el consumidor tendría el deseo de adquirirlo.

4.1.5.2. Volumen del pan

La elaboración del pan de molde se realizó mediante la metodología detallada en la norma INEN 530:1980 Ensayo de Panificación y después de una hora de retirado del horno se procedió a registrar el volumen por el método de desplazamiento de semillas descrito en el Anexo A-1.

Este parámetro no depende solamente de la calidad de la harina, sino también de la manipulación del panadero. La harina procedente de un trigo determinado producirá piezas con un volumen característico que depende de la cantidad y calidad del gluten y de la cantidad de azúcar presente. [Cauvin S., 1998]

En la Tabla 24 se reporta el volumen para los mejores tratamientos: harina de trigo importado (TI₀), mezcla con harina de trigo nacional (T₃) y mezclas con harina de cebada al 10, 20 y 30% de sustitución (C₁, C₂ y C₃), siendo el resultado del promedio de los cinco panes obtenidos en cada ensayo de panificación.

TABLA 24. Volumen del pan

<i>Muestra</i>	<i>T₀(cm³)</i>	<i>T₃(cm³)</i>	<i>C₁(cm³)</i>	<i>C₂(cm³)</i>	<i>C₃(cm³)</i>
1	830	760	700	630	490
2	730	700	720	660	490
3	800	750	780	660	480
4	810	700	780	600	490
5	745	700	720	650	490
<i>Promedio</i>	783	722	740	640	488

Fuente: Proyecto PHPPF. **Elaborado por:** Alexandra Lascano, 2009.

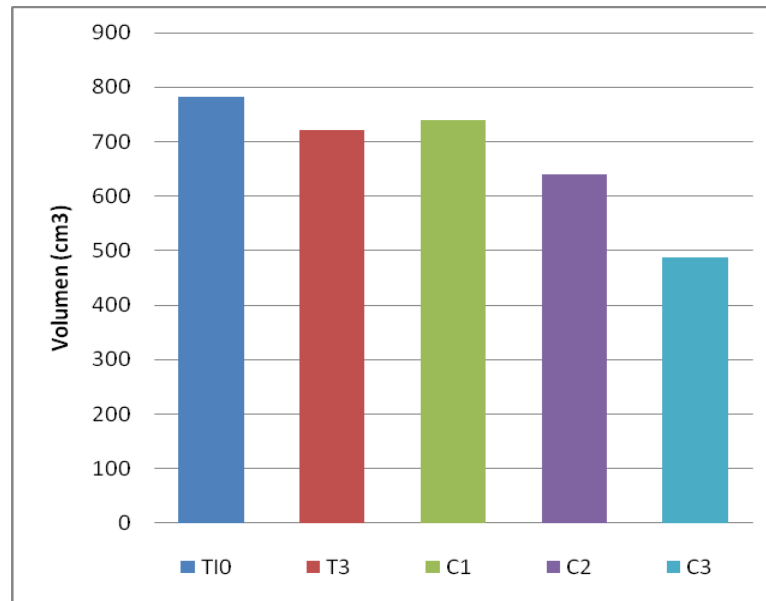
T₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **T₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

En el gráfico 13 se visualiza de mejor manera el volumen de los panes obtenidos, siendo la muestra testigo (harina de trigo importado) con un valor de 783 cm³, la que presentó el volumen más alto; seguido de la mezcla con harina de cebada al 10% de sustitución con 740 cm³, mezcla con harina de trigo al 30 % de sustitución con volumen de 722 cm³, mezcla con harina de cebada al 20% de sustitución con 640 cm³ y por último mezcla de cebada al 30% de sustitución con un volumen de 488 cm³. Cabe recalcar que las harinas utilizadas para la elaboración del pan son puras por lo que la adición de mejoradores ayudaría al aumento del volumen obteniendo un pan de similares características externas que el pan de trigo importado.

También, la presencia de pentosanos favorece el volumen del pan, mejora la extensibilidad de las masas y disminuye la elasticidad, se obtiene migas más flexibles y con alveolos más parejos [ASITEC, 2009]. Asimismo, el daño del almidón empieza produciendo un aumento del volumen del pan, debido a que la levadura tiene más azúcares en forma de maltosa disponibles para su acción y por ende, si la red de proteínas (gluten)

encargado de retener el gas, lo soporta, el tamaño del pan será mayor. [Panera, 2009c]

GRÁFICO 13. Volumen del pan en los mejores tratamientos



Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₁₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **T₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Otras condiciones que provocan la falta de volumen en el pan son: masas duras, exceso de sal, falta de maduración, harina floja, harina vieja, levadura que ha sufrido un aumento de temperatura, harina recientemente molturada, insuficiencia de maduración final, entre otras. [Tejero F., 2009a]

Por lo tanto, el conjunto de condiciones que reúne el pan elaborado con harina panificable, como: peso, volumen, corteza, apariencia, simetría, color de la miga, textura y grano de la miga se resumen en la calidad del producto, atributo encontrado en los mejores tratamientos obtenidos a partir de mezclas de harina de trigo nacional y cebada.

4.1.6. Ensayos preliminares de pastas alimenticias.

La elaboración de pastas alimenticias requiere harinas con un alto contenido proteico (mayor gluten mejor dente) lo que influye en la calidad de la pasta. Mezclas con harina de trigo nacional y cebada, a pesar de proporcionar mejores resultados reológicos que las mezclas con harina de maíz, quinua y papa, son pobres en calidad proteica.

Sin embargo, mediante ensayos preliminares de pastas alimenticias con sustituciones al 10, 20 y 30% con harinas nacionales (Anexo D-1) se logró obtener fideos de textura semi-rugosa con cierta presencia de grietas y su coloración varió de acuerdo a la harina utilizada (mayor porcentaje de sustitución más oscuro resultó el fideo). Asimismo, mientras mayor es el porcentaje de sustitución resultaron más frágiles y quebradizos.

En el producto cocido se evidenció cierta pegajosidad y apelmazamiento, además estos fideos provenientes de mezclas de harinas presentaron desintegración durante la cocción, sobre todo en aquellos fideos que presentaban mayor porcentaje de sustitución, a pesar de que los tiempos de cocción fueron cortos.

Por tanto, el uso de mejoradores y enzimas en estas harinas ofrece nuevas posibilidades de mejorar la calidad de la pasta puesto que se ve afectada su estabilidad, firmeza, pegajosidad y la tolerancia a la cocción. [Arqueros V., 2009]. De igual manera, la utilización de harinas precocidas ayudaría a obtener harinas útiles para esta finalidad.

4.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Mediante el análisis estadístico realizado a través del Diseño de un Factor completamente aleatorizado se obtuvo la Razón de Varianza para cada parámetro del análisis farinográfico, así:

TABLA 25. Valores de Fisher (F) obtenidos en el Diseño Experimental

Parámetro	Valor Fisher calculado	Valor Fisher tablas
Tiempo de desarrollo	19,51	2,352
Estabilidad	19,40	
Índice de Tolerancia	43,95	

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

Para rechazar H_0 (Hipótesis nula) al 5% de significancia, la Razón de Varianza está sujeta a la siguiente regla de decisión: $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tablas}}$.

Entonces, según la Tabla 25 para cada parámetro el valor de Fisher calculado es mayor que el valor Fisher teórico, a un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto:

Se rechaza H_0 y **se acepta** la hipótesis alternativa: Las mezclas de harina de trigo importado con harinas de cereales y tubérculo nacionales no presentan características reológicas adecuadas en la formación de la masa

$$H_i: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq \dots \neq T_n$$

Muestra de ello, resultaron ser las mezclas con harina de maíz, quinua y papa debido a su limitada calidad reológica. Sin embargo, se seleccionó los tratamientos con las adecuadas características reológicas similares a la muestra testigo: harina de trigo importado CWRS#1 correspondientes a mezclas con harina de cebada al 10, 20 y 30% de sustitución y mezcla con harina de trigo nacional al 30% de sustitución.

De igual manera, estos resultados fueron corroborados con los análisis en el alveógrafo y en el mixolab sobre el comportamiento reológico de las masas de harinas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se estudió el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado en proporciones de 10, 20 y 30% (p/p), cuyas características de elasticidad, resistencia al amasado, extensibilidad, tenacidad, fuerza del gluten indicaron la factibilidad para la elaboración de pan y pastas alimenticias.
- Se realizaron los análisis farinográficos en las mezclas de harinas mediante el farinógrafo Brabender correspondientes a: absorción de agua donde las mezclas con trigo nacional, cebada, maíz y quinua presentaron valores similares al trigo importado (63,7%) mientras que mezclas de papa con valores superiores al 69,4% son resultado de la precocción de harina de papa; el tiempo de desarrollo indicó que la mayoría de mezclas de harinas con valores > 3,95 minutos necesitaron tiempos más prolongados para la formación de la masa en relación a mezclas con maíz al 20 y 30% (p/p); en estabilidad las mezclas con cebada al 10, 20 y 30 % (p/p) y mezcla de trigo nacional-importado al 30% (p/p) con valores entre 5-7,5 minutos se consideran harinas de calidad discretas a buenas, en cambio mezclas con maíz,

quinua y papa con tiempos < 5 minutos se aprecian como harinas moderadamente débiles; finalmente el índice de tolerancia determinó que valores < 72,5 UB correspondientes a mezclas con cebada, trigo nacional, quinua (10 y 20% p/p) y maíz (10% p/p) presentaron mayor tolerancia al amasado, mezclas con maíz y papa manifestaron poca tolerancia al tratamiento mecánico.

- Las mejores mezclas de harinas de cereales y tubérculo fueron seleccionadas mediante un análisis estadístico aplicando un diseño experimental de un solo factor a través de ANOVA y Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%, tomando como criterio aquellas mezclas que presentaron características farinográficas similares con la muestra testigo (Harina de Trigo importado CWRS#1) como tiempo de desarrollo adecuado (>3,95 minutos), buena estabilidad (>5,9 minutos) y bajo índice de tolerancia (<72,5 UB), siendo éstas: mezclas con harina de trigo importado y harina de cebada al 10, 20 y 30% (p/p) y mezcla con harina de trigo importado-nacional al 30% (p/p).
- Las propiedades de tenacidad, extensibilidad y fuerza de las masas de harinas de los mejores tratamientos fueron analizadas en el alveógrafo Chopin; donde las mezclas con cebada y trigo nacional presentaron valores de equilibrio (relación entre tenacidad/extensibilidad) mayores a 1, por lo que son consideradas más tenaces que extensibles a excepción de la harina de trigo importado con un valor de 0,76; con respecto a la fuerza (W), mezclas con cebada y trigo nacional y harina de trigo importado registraron valores > $201 \cdot 10^{-4}$ J, por lo tanto estas muestras presentan buenas aptitudes para panificación y fideos, a pesar de la disminución de la calidad proteica en las mezclas de harinas.
- Se caracterizó el comportamiento reológico de las mejores mezclas de harinas mediante el uso del Mixolab Chopin, donde mezclas con

cebada y trigo nacional y harina de trigo importado poseen un buen potencial de hidratación de agua con valores entre 7 y 8; asimismo, estas mezclas son resistentes al amasado con valores entre 3 a 5; la fuerza del gluten manifiesta que mezclas de cebada con índices entre 7 y 8 tienen mejor calidad proteica que la mezcla con trigo nacional (valor de 6); la viscosidad en mezclas de cebada nacional y trigo con índices entre 4–6 no afecta las propiedades viscoelásticas, a su vez la actividad amilásica es menos fuerte con valores de 7; finalmente la retrogradación con índices entre 5 a 7 en mezclas de harinas indica que el producto final tendrá una apropiada conservación en el tiempo, por tanto estas mezclas son útiles para la elaboración de pan y fideos.

- La aceptabilidad del pan elaborado con las mejores mezclas de harinas fue evaluada mediante un análisis sensorial, teniendo en cuenta los atributos como: apariencia del pan que no se encontró diferencia alguna entre las muestras; la coloración dorada, sabor que “ni agrada ni desagrada”, textura “ni dura ni suave” se evidenció en la mayoría de muestras; en general, la aceptabilidad del pan calificada en términos que “ni agrada ni desagrada” entre las muestras de harinas estableció que los jueces no detectan diferencias sustanciales entre las mezclas con cebada, trigo nacional y la muestra patrón: harina de trigo importado, lo que significa la aceptación de pan elaborado con harina de otros cereales por parte del consumidor ya que a simple vista no se distinguen diferencias.
- Se sugiere la aplicación de mezclas óptimas de harinas como las mezclas de cebada y mezclas de trigo nacional con harina de trigo importado en la elaboración de pan y fideos, ya que el comportamiento reológico y pruebas de panificación y fideos determinaron su utilidad sin la necesidad de incorporar aditivos en las harinas; sin embargo, no se descartan para esta finalidad las mezclas con harina de maíz, quinua y papa nacional, puesto que, a pesar que las características reológicas no fueron similares a la harina de trigo

importado, se logró obtener un pan hasta con el 10% de sustitución con características similares al pan común (100% harina de trigo importado) y un fideo con características adecuadas hasta un 10% de sustitución.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adición de enzimas y mejoradores en las mezclas de harinas de cebada, maíz, quinua, papa y trigo nacional con trigo importado puesto que mejoraría las características reológicas de las masas para la elaboración de pan y fideos, e incluso se podría aumentar los porcentajes de sustitución de los cereales y tubérculos nacionales.
- Para los análisis farinográficos, alveográficos y en el Mixolab es importante determinar el contenido de humedad de las muestras de harinas antes de cada prueba con la finalidad de obtener los resultados más precisos y confiables.
- Es importante evaluar la calidad del alimento tanto microbiológica como nutritiva, sobre todo en lo que se refiere a su composición nutricional especialmente en proteína (aminoácidos), fibra, vitaminas en la materia prima (harina) como en el producto final (pan y fideos).
- La utilización de cereales y tubérculos nacionales para la elaboración de otros alimentos como galletas, papillas, coladas, sopas fortificadas, etc. dentro de Programas de Alimentación Escolar es una alternativa para que la población ecuatoriana consuma productos funcionales que complementen los requerimientos de nutrientes necesarios para una dieta equilibrada.

- Se recomienda a la industria molinera utilizar mezclas de harinas puesto que se reduciría la importación de trigo, se reactivaría la agroindustria con el cultivo de cereales y tubérculos proporcionando más fuentes de ingreso a los agricultores, de esta manera se atenuaría los costos de producción en la elaboración de pan y fideos.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

- **Título:** “Estudio del efecto de enzimas y mejoradores en el comportamiento reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias”.
- **Institución Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) y Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos (UOITA).
- **Beneficiarios:** Sector molinero, Panificadores del país, Comunidad Científica.
- **Ubicación:** Ambato – Ecuador
- **Tiempo estimado para la ejecución:** 8 meses
Inicio: Diciembre 2009. **Final:** Julio 2010.

- **Equipo técnico responsable:** Egda. Alexandra Lascano S. e Ing. Mayra Paredes MSc.
- **Costo:** \$ 2467,50

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En el año 2008, el trigo sufrió una drástica alza en su costo debido al progresivo incremento de la demanda de países en desarrollo, mayor uso de materias primas para biocombustibles y, sobre todo, por la posibilidad de que muchos países pongan en marcha una política para aumentar sus reservas estratégicas; por lo que el Ecuador se vio en la necesidad de buscar alternativas para contrarrestar el incremento en el costo de la harina así, la utilización de cereales nacionales como cebada, maíz, quinua y trigo y tubérculos como papa resultan ser recursos útiles para la elaboración de productos panificables.

Sin embargo, hoy en día los consumidores de pan demandan sabor, textura, mayor volumen y frescura durante más tiempo, por lo que ha hecho necesario la intervención de investigadores en este campo enfocados hacia la búsqueda de nuevos métodos para aumentar la vida útil del producto y así minimizar estas pérdidas.

Esto, sumado a los violentos cambios introducidos en el sistema de panificación tradicional, tanto por la mecanización como por el acortamiento de los procesos, hacen necesario contar con la ayuda de mejoradores, que permitan amortiguar los efectos negativos del amasado cada vez más intenso, más rápido, de la tan agresiva división automática y de los inadecuados tiempos de fermentación y reposo. [Tejero F., 2003]

El uso de las enzimas en la panadería data de mediados del siglo XIX, cuando a los panaderos y molineros les va llegando información de que la harina de malta daba color al pan, entonces la miga era más húmeda y se

conservaba más tiempo debido a que la α -amilasa de la malta de la cebada aumentaba la fermentación con la generación de azúcares fermentables (maltosa) a partir del almidón. Más tarde se descubrió que la enzima activa de la soja blanqueaba la miga y mejoraba la firmeza del gluten a través de la acción de la lipoxigenasa. [Tejero F., 2008]

Desde finales del siglo pasado, el uso de diferentes tipos de enzimas en procesos panarios se ha generalizado en la industria. Procesos como la fermentación controlada o la precocción, obligan a saber perfectamente los efectos que las enzimas pueden aportar en las masas. [Tejero F., 2008]

Hoy en día, cada vez aumenta el empleo de kit enzimáticos conteniendo dos, tres o más enzimas, en los que hay una actividad enzimática principal como es el caso de la alfa-amilasa, junto a otras enzimas de las denominadas secundarias como la xilanasas que complementan la acción de la primera.

Por este motivo, resulta conveniente dar una propuesta en la que se estudie el efecto de enzimas y mejoradores en las mezclas de harinas de cebada, maíz, quinua, trigo y papa con harina de trigo importado, puesto que la adición de estos aditivos contribuirán en el mejoramiento de las características reológicas de las masas de harinas, para así obtener un pan con adecuadas características internas y externas y a una mejor textura y pegajosidad en las pastas alimenticias.

De acuerdo al análisis reológico realizado a mezclas de harinas de cereales y tubérculos en muestras 100% puras (sin aditivos) se estableció que mezclas de harina de cebada y trigo nacional presentaron un comportamiento reológico similar al de harina de trigo importado; por lo que la utilización de enzimas y mejoradores en mezclas de harina de maíz, quinua y papa sería una opción para que estos cereales y tubérculos no se mantengan al margen, sino sean también una alternativa para la elaboración

de productos panificables y pastas alimenticias, mejorando de esta manera las características reológicas.

Sin embargo, al no llevarse a cabo este estudio, los molineros no encontrarían una solución a la importación de trigo y harina; asimismo los agricultores no se verían en la necesidad de cultivar cereales tradicionales importantes en la alimentación humana y no estaría al alcance del consumidor ecuatoriano un producto de mejor calidad nutricional con mayor contenido de fibra, vitaminas, aminoácidos y minerales.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, las industrias harineras utilizan diversos aditivos y coadyuvantes tecnológicos autorizados para aumentar las propiedades panificables de las harinas, tales como enzimas, complementos panarios, reguladores del pH, emulgentes, etc. Las enzimas se emplean para mejorar las propiedades reológicas (tenacidad, extensibilidad, elasticidad y fuerza) y fermentativas de las masas. [Otri, 2008]

Harinas obtenidas de cereales como maíz, quinua y papa, presentaron características reológicas diferentes a las esperadas para una masa panaria, es decir, masas tenaces, poco extensibles y débiles, por lo que la adición de enzimas y mejoradores en las harinas ayuda a reforzar la estructura de la masa. En definitiva, se obtienen masas equilibradas, estables, menos quebradizas y pegajosas, optimizándose de esta manera la fase de amasado.

De igual manera, harinas de cebada y trigo nacional presentaron características reológicas similares a la harina de trigo importado; sin embargo, existen otros aditivos que a más de reforzar la estructura de la masa, mejoran características en el producto final obteniendo una corteza lisa, crujiente y dorada, miga con alveolados uniformes; también la adición de emulsionantes lograría retardar drásticamente el proceso de

envejecimiento y los productos elaborados exhiben a pesar del tiempo, una estructura blanda y suave.

Por otro lado, el uso de enzimas en pastas ofrece nuevas posibilidades de mejorar la calidad del producto, modificando la estabilidad, dureza, pegajosidad y tolerancia a la cocción; afecta el color con una aparente reducción de manchas oscuras, dependiente del nivel de purificación de la harina; se mejora el brillo de la pasta cocida, como consecuencia de una superficie más lisa y suave; se reduce el oscurecimiento durante el almacenamiento.

Además, la adición de aditivos en la elaboración de pastas alimenticias modifica la estructura de la masa obtenida volviéndola más firme (actúa como ligante) por lo que se evita el desprendimiento de almidón en la cocción, disminuyendo la pegajosidad y mejorando así la respuesta al “dente” [Arqueros V., 2009]. De esta manera, una vez cocido el producto, el consumidor no pueda encontrar diferencias entre las pastas elaboradas con mezclas de harinas nacionales e importadas y las pastas elaboradas con trigo candeal o durum.

En otro ámbito, el Ecuador a pesar de ser un país rico en alimentos tiene un alto grado de desnutrición causado por los malos hábitos alimenticios, por lo que lograr el mejoramiento nutricional de alimentos altamente consumidos (como el pan y la pasta) puede representar una alternativa que tienda a mejorar la calidad nutricional de la dieta.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. General

- Estudiar el efecto de enzimas y mejoradores en el comportamiento reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo

(*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias.

6.4.2. Específicos

- Determinar el efecto del uso de enzimas y mejoradores en las características reológicas de masas a través del uso del farinógrafo y mixolab.
- Comprobar la acción de aditivos en las mezclas de harinas mediante ensayos de panificación y pruebas preliminares de fideos.
- Establecer la mejor concentración de enzimas y mejoradores que contribuyan a mejorar características reológicas de masas de mezclas de harinas.
- Evaluar la aceptabilidad del pan y pastas alimenticias mediante un análisis sensorial.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El presente proyecto de investigación es de carácter tecnológico-científico, puesto que constituye una nueva alternativa para desarrollar productos como pan y pastas alimenticias no tradicionales con la sustitución de cereales nacionales como cebada, maíz, quinua, trigo y tubérculo como la papa, mejorando así características reológicas de las mezclas de harinas llegando a resultados similares a los obtenidos con harina de trigo importado.

Para la factibilidad del proyecto se debe tomar en cuenta otro factor como el socio-económico, en primer lugar se analiza la posibilidad de la

obtención de la materia prima como el trigo importado, trigo nacional, cebada, maíz, quinua y algunas variedades de papa de mayor cultivo, directamente con los proveedores o comerciantes mayoristas quienes tienen identificadas las variedades, de esta manera se garantiza una aproximada calidad estandarizada de los cereales y tubérculos.

Todo esto permitirá que los molineros opten por la opción de fabricar harinas provenientes de otros cereales con el fin de realizar mezclas con harina de trigo y así reducir volúmenes de importación de la gramínea, sin dejar de lado la calidad panadera y fidelera que el cliente exige. Por otro lado, los agricultores serían beneficiados al incrementar la producción de los cereales y tubérculos, sobre todo en la zona andina del país, de esta forma se lograría atenuar la economía del pueblo ecuatoriano creando fuentes de empleo y la agroindustria retomará un papel importante en el país.

En la Tabla 26, se exponen los recursos económicos que se necesitarán para la realización del presente proyecto de investigación.

TABLA 26. Recursos económicos de la propuesta

RECURSOS	VALOR (\$)
RECURSOS HUMANOS	
Tutor	150,00
Graduando	600,00
RECURSOS MATERIALES	
Materias Primas	500,00
Enzimas y mejoradores	300,00
Uso de equipos de laboratorio	500,00
Materiales de laboratorio	200,00
Materiales de oficina	100,00
OTROS	
Imprevistos (5%)	117,50
TOTAL	2467,50

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

Para la factibilidad de este proyecto también se debe tomar en cuenta:

- El apoyo de personal capacitado.
- Un laboratorio apropiado para la obtención de harina de cereales y tubérculos y para la elaboración de pan y pastas alimenticias.
- Contar con equipos, materiales y reactivos necesarios para los análisis reológicos en mezclas de harinas.

6.6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

Durante el amasado y la fermentación de la masa, el papel de las enzimas es muy importante, ya que condicionan la calidad, características y conservación del producto final. Las enzimas proceden de la propia harina, de la levadura que se utiliza en el proceso de panificación y de preparados comerciales autorizados. Éstas actúan sobre los distintos polisacáridos, lípidos y proteínas de la harina de trigo durante el proceso de amasado y fermentación, hasta su desnaturalización térmica durante la cocción en el horno. [Otri, 2008]

El tipo de enzima que conviene utilizar y la dosis correspondiente depende de la conjunción de diversos factores como las características de la harina que se use como materia prima, el proceso de producción que se lleva a cabo y el producto final al que se aspira. [Sarmentero O., 2009.]

Durante mucho tiempo se creyó que la α - y la β -amilasa eran las únicas enzimas que podían usarse en la industria molinera. Esta creencia ha cambiado radicalmente desde la introducción de las hemicelulasas hace dos décadas y ha recibido ahora otro impulso gracias al éxito de las enzimas lipolíticas. Existen muchas más enzimas (Tabla 27) que todavía desempeñan papeles en determinadas aplicaciones, pero que un día pueden volverse tan versátiles como los tipos anteriormente mencionados. [Popper L., 2005]

TABLA 27. Enzimas sugeridas para mejorar la masa de pan

Enzima	Efecto pretendido
α amilasa, fungal	Suministro de energía para la levadura
α -amilasa, bacteriana	Licuefacción
α -amilasa, estable al calor intermedio	Antiendurecimiento
Amiloglucosidasa (glucoamilasa)	Suministro de energía, color, sabor
Enzima ramificada (glucotransferasa)	Retención de agua
Celulasa	Retención de agua
Furanosidasa, arabinofuranosidasa	Estructura de la masa, retención de agua
Esterasa de ácido ferúlico y cumárico	Estructura de la masa, retención de agua
Glutación oxidasa	Refuerzo de las proteínas
Glicolipasa, galactolipasa	Estabilidad de la masa y rendimiento de Volumen
β -glucanasa	Estructura, licuefacción
Glucosa oxidasa, galactosa oxidasa, hexosa oxidasa	Refuerzo de las proteínas
Hemicelulasa, xilanasa, pentosanasa	Estructura de la masa, retención de agua, rendimiento de volumen
Laccasa, polifenol oxidasa	Reforzamiento de la masa
Lipasa	Sabor, emulsificación <i>in-situ</i> , estabilidad de la masa y rendimiento de volumen
Lipoxigenasa, lipoxidasa	Estructura de la masa, decoloración
Exopeptidasa	Color, sabor
Peroxidasa	Reforzamiento de las proteínas
Fosfolipasa	Estructura porosa y rendimiento de Volumen
Proteasa, proteinasa	Relajación de las proteínas, licuefacción
Pululanasa	Estructura, retención de agua
Sulfidril oxidasa	Reforzamiento de las proteínas
Sulfidril transferasa	Reforzamiento de las proteínas
Transglutaminasa	Reticulación de las proteínas, estabilización del gluten

Fuente: Popper, L. 2005. **Elaborado por:** Alexandra Lascano S., 2009.

Según, Sarmentero (2009), las enzimas más utilizadas son:

Amilasas fungales: son enzimas que aumentan la capacidad fermentativa de la harina. Se usan para corregir el valor de Falling Number de la harina y para aumentar el volumen del pan. Actúan sobre el almidón, teniendo como objetivo principal proveer de azúcares fermentables a las

levaduras a fin de que éstas los transformen en anhídrido carbónico. Este tipo de enzimas son utilizados en todo tipo de panificados.

Amilasas bacterianas modificadas: son enzimas capaces de producir azúcares cortos que ayudan a retardar la cristalización del almidón luego del horneado. Son muy eficientes para aumentar la vida útil del pan empacado.

Hemicelulasas: son enzimas que relajan la masa y aumentan la retención de agua, permitiendo lograr panes de mayor volumen específico. De igual, modifican el color de la corteza y la textura de la miga.

Glucosa Oxidasa: cataliza la oxidación de unidades de glucosa con desprendimiento de peróxido de oxígeno. Esta reacción favorece la oxidación de las proteínas al aumentar la tenacidad del gluten y reducir su extensibilidad. Su efecto es como el del ácido ascórbico, incrementa la retención de gas y aumenta el volumen del pan.

Lipasas: son enzimas para panificación que se recomiendan como reemplazo para emulsionantes, tienen un fuerte efecto en la estabilidad de la harina durante la fermentación. Están recomendadas para productos que no contengan emulsionantes, ni materia grasa en su composición.

Lipooxigenasas: es la enzima que lleva a cabo la oxidación de los pigmentos carotenoides, que influyen sobre el color del pan. Se ha observado que favorecen la tolerancia al amasado y las características reológicas de las mismas.

Celulasas: actúan sobre la celulosa de las partículas de salvado que por su tamaño no fueron eliminadas en el proceso de cernido de la harina. Su función es la de proveer fibras de menor tamaño que ayudan a retener agua, dado que aportan a la masa mayor tolerancia a la fermentación, más volumen y mejor miga.

Agentes Mejoradores: Un mejorador es una mezcla de aditivos y coadyuvantes tecnológicos cuya misión más importante es la retención de gases de una masa fermentada. [Grupo Vilbo, 2004] Entre ellos se encuentran:

El ácido ascórbico es ampliamente utilizado como antioxidante alimentario, pero añadido a la harina durante el amasado y gracias a la transformación que sufre en la masa, hace un efecto contrario, es decir, fuerte oxidante. Por lo tanto, va a jugar un papel importante no solamente durante el amasado y en la consistencia de la masa, además en el equilibrio, durante la fermentación y en el impulso de los panes en los primeros minutos de cocción, como consecuencia de ese efecto que inicialmente es oxidante y más tarde reductor.

Emulsionantes: Son numerosas y variadas las actividades que desarrollan los emulsionantes en las masas; facilitan los enlaces entre las proteínas y el almidón, dan mayor estabilidad a la masa, estabilizan también la espuma que puede resultar del amasado (anti-espumante), retardan el endurecimiento del pan, aumentan la vida útil y actúan como lubricante de la masa.

Estabilizantes, reguladores de pH y antiapelmazantes: Los antiapelmazantes evitan el 'aglutinamiento' de los productos en polvo, debido a la humedad del propio producto o del ambiente, el más utilizado es el carbonato cálcico. En cuanto a los estabilizantes y reguladores de pH, el más usado es el fosfato monocálcico y de las procedentes de trigos germinados.

Como todas las herramientas tecnológicas, pueden ser utilizadas incorrectamente, un buen conocimiento de la composición de estos productos, así como de la función que cumplen en el proceso, puede aclarar el enorme error que supone su dosificación en exceso, lo que es relativamente frecuente. [Tejero F., 2009b]

6.7. METODOLOGÍA. Modelo Operativo

En la Tabla 28, se presenta el Plan de Acción que se llevará a cabo durante la ejecución del Proyecto de Investigación, que contempla las siguientes etapas:

TABLA 28. Modelo Operativo de la propuesta (Plan de acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsables	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Buscar información y trabajos científicos sobre la utilización de enzimas y mejoradores en mezclas de harinas	Revisión bibliográfica	Investigadora Tutor	Humanos Materiales Económicos	\$ 275,00	1 mes
2. Desarrollo preliminar de la propuesta	Determinar los mejores aditivos que contribuyan a mejorar las características reológicas de mezclas de harinas	Obtención de harinas de cereales y tubérculo. Selección de enzimas y mejoradores aptas para pan y fideos.	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 1000,00	3 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecutar la propuesta	Caracterización reológica en mezclas de harinas. Ensayos de panificación y elaboración de fideos.	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 1050,00	3 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobar la aceptabilidad del producto final y el efecto de mejoradores	Evaluación sensorial de pan y fideos. Interpretación de datos	Investigadora	Humanos Materiales Económicos	\$ 142,50	1 mes

Elaborado por: Alexandra Lascano S., 2009.

Además, para la ejecución del Proyecto, los métodos de trabajo que se llevarán a cabo corresponden a los establecidos por la casa fabricante de los equipos (Anexo A-2: Farinografía, Anexo A-3: Mixolab). Los ensayos de panificación se realizarán según la norma INEN 530: Ensayo de Panificación (Anexo A-1). De igual manera, la aceptación del producto será evaluada por una escala hedónica estructurada calificando atributos como: apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad a través de la hoja de catación correspondiente a pan y fideos.

6.8. ADMINISTRACIÓN

La administración de la propuesta se llevará a cabo bajo el siguiente planteamiento en la Tabla 29:

TABLA 29. Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Características reológicas de masas de mezclas de harinas de cereales y tubérculo.	Elaboración de productos elaborados con 100% harina de trigo importado debido a sus óptimas características reológicas.	Mejoramiento de características reológicas de las masas de harinas cuya calidad sea similar a la harina de trigo importado. Productos de panificación y pastas alimenticias con adecuadas características sensoriales. Incentivar la producción y consumo de cereales y tubérculos ecuatorianos	Obtención de harinas de cereales y tubérculo. Selección de enzimas y mejoradores. Caracterización reológica de mezclas de harinas Ensayos de panificación y pruebas de fideos. Evaluación sensorial de aceptabilidad	Investigadora

Elaborado por: Alexandra Lascano S., 2009.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La previsión de la evaluación plantea la toma de decisiones oportunas que permitan mantener la propuesta de solución, mejorarla, modificarla, suprimirla o sustituirla, la que se simplifica en la Tabla 30, así:

TABLA 30. Previsión de la Evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Quiénes solicitan evaluar?	Molineros del país Panificadores del país Comunidad científica
¿Por qué evaluar?	Existe escasa información sobre las características reológicas de mezclas de harinas de cereales y tubérculos ecuatorianos, así como el efecto de enzimas y mejoradores en la elaboración de productos de panificación con estas mezclas.
¿Para qué evaluar?	Para determinar hasta qué porcentaje de sustitución en harina de trigo importado es factible reemplazar por harinas de cereales y tubérculo ecuatorianos.
¿Qué evaluar?	Efecto del uso de enzimas y mejoradores sobre las propiedades reológicas de mezclas de harinas de cereales y tubérculo con trigo importado. Características organolépticas de pan y fideos.
¿Quién evalúa?	Tutor de Investigación Consumidor final
¿Cuándo evaluar?	Finalizado los análisis reológicos de las masas. Una vez elaborado el pan y fideos para la evaluación sensorial.
¿Cómo evaluar?	Obtención de datos reológicos de mezclas de harinas de cereales y tubérculo. Mediante la Hoja de catación
¿Con qué evaluar?	Bibliografía relacionada al tema. Normas establecidas (AACC, INEN) Programas estadísticos (Statgraphics, Excel)

Elaborado por: Alexandra Lascano S., 2009.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

1. ABRIL, V. 2003. "Técnicas de Investigación Científica". Centro de Estudios de Posgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato–Ecuador. 113pp.
2. AGUILERA, J., DURÁN L. 1996. "Glosario de Términos Reológicos para Alimentos en Español y Portugués". CYTED. RIPFADI
3. ALVARADO, J de D. 1996. "Principios de Ingeniería aplicados a Alimentos". Editorial Radio Comunicaciones. Quito-Ecuador. Págs: 180.
4. ANZALDÚA-MORALES, A. 1998. "Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica". Editorial Acribia. Zaragoza-España. 198p.
5. ARQUEROS, V. 2009. "Cómo optimizar el Control de Calidad de Pastas: Materias Primas y Producto Terminado". GRANOTEC Argentina.
6. BENION E. 1970. "Fabricación del Pan". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Págs: 340-348.

7. BILIADERIS, C.G. 1992. "Structures and phase transitions of starch in food systems". Food Technology. Vol 46, No. 6, Págs: 98-109,145.
8. BRANDT, K., LÜCK, L., BERGAMO P., WHITLEY, A. AND VELIMIROV A. 2005. "Transformación del Trigo en Pan. Control de la Calidad y Seguridad en las Cadenas de Producción Orgánica". Research Institute of Organic Agriculture FiBL, CH-5070 Frick, Switzarland.
9. CALAVERAS, J. 1996. "Tratado de Panificación y Bollería". Madrid Vicente Ediciones. Primera edición. Madrid-España. Págs: 318-389.
10. CALVO, A., ITURRIZAGA S., SALAS R., NYSTROM J. 2001. "Fideos Imperial enriquecidos con kiwicha" Universidad del Pacífico. Perú. Págs: 28-32.
11. CARCELLER, J.L., AND T. AUSSÉNAC. 1999. "Accumulation and changes in molecular size distribution of polymeric proteins in developing grains of hexaploid wheats: role of the desiccation phase". Aust. J. Plant Physiol. 26 Págs: 301-310.
12. CAUVIN, S. Y YOUNG, L. 1998. "Fabricación del Pan". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Págs: 4-10, 333-337.
13. CHOPIN TECHNOLOGIES. 2006a. "Mixolab: "El par C2 correlacionado con el volumen del pan". Chopin Technologies. Villinuve-Francia.
14. CHOPIN TECHNOLOGIES. 2006b. "Mixolab Applications Handbook: Rheological and Enzymatic Analysis". Villinuve-Francia.
15. CHOPIN TECHNOLOGIES. 2008. MIXOLAB "Manual de Empleo". Villinuve-Francia.

16. COSTA M, SOUZA L, STAMFORD T, ANDRADE S. 2008. "Calidad Tecnológica de granos y harinas de trigos nacionales e importados". *Ciência e Tecnologia en Alimentos.*, Campinas, 28(1): Págs: 220-225.
17. DANA O. 1987. "Manual de Ciencia de los alimentos" Editorial Acribia. Zaragoza-España. 220pp.
18. DE LA LLAVE, A. 2004. "Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación". Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Págs: 29-30.
19. D'EGIDIO M., NARDI S. Y VALLEGA V. 1993. "Grain, Flour, and Dough Characteristics of Selected Strains of Diploid Wheat, *Triticum monococcum L.*" *Journal of Cereal Chemistry*. Vol 70. No 3. Págs: 298-301.
20. FENNEMA. O. 2000. "Química de los Alimentos" Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España. Págs: 232-234.
21. FERNÁNDEZ M., ÁLVAREZ, M., PIEL, D., RODRÍGUEZ, I. Y GONZÁLEZ I. 2007."Caracterización del pan suave con fibra de soya". Cuba. *Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos* Vol. 17, No. 2. Págs: 11-15.
22. GRANITO, M., TORRES, A. y GUERRA, M. 2003. "Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol.". *INCI*. Volume 28. No 7. Págs: 372-379.
23. GRANOTEC. 2009. MIXOLAB SYSTEM. "Workshop". Guayaquil-Ecuador.

24. HUANG, W., LI, L., WANG F., WAN J., TILLEY, M., REN C., Y WU S. 2010. "Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough". Food Chemistry (2010), doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.008
25. INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). Normas Técnicas Ecuatorianas. Norma 530:1980. Ensayos de Panificación. Quito-Ecuador.
26. INDRANI, D., SAI MANOHAR, R., RAJIV J Y VENKATESWARA RAO, G. 2007. "Alveograph as a tool to assess the quality characteristics of wheat flour for parotta making". Journal of Food Engineering 78 (2007) 1202–1206.
27. JARA, C. 2006. "Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa". Universidad de Chile. Santiago, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Págs: 26-38.
28. JONGEN, T., BRUSCHKE, M., DEKKER, J. 2003. "Analysis of dough kneaders using numerical flour simulations" Cereal Chemistry. Vol. 80. N°4. Págs: 383-389.
29. LEVAPAN DEL ECUADOR S.A. 2009. Memorias del Curso "Nuestro pan del día". Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. UTA. Ambato. Ecuador.
30. MOIRAGHI, M.; P.D. RIBOTTA, A. AGUIRRE, G. T. PÉREZ and A. E. LEÓN. 2005. "Study of hard wheat flour quality in cookie and sponge cake elaboration". Agriscientia XXII (2): 47-54

31. MORALES, VILLAGRÁN. 1978. "Optimización de mezclas farinológicas de maíz y trigo en panificación". Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. Págs: 26-27.
32. MULLER H. 1973. "Introducción a la Reología de los Alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Págs: 119-145.
33. NAVAS, G. 2009. "Análisis para la Implementación de una línea de panificación en Industrias Catedral S.A, con la finalidad de asegurar la estabilidad laboral de sus empleados y trabajadores". Informe de Pasantía previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. FCIAL. UTA. Ambato-Ecuador. Págs: 3-4.
34. PAZMIÑO, SALAVARRÍA. 1982. "Evaluación de mezclas de harinas de trigo ecuatoriano e importado para panificación". Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. FCIAL. UTA. Ambato-Ecuador. Págs: 6-26; 32-68.
35. PANERA Revista. 2009a. "La Industria Panificadora en Ecuador". N°13. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Págs: 8-12.
36. PANERA Revista. 2009b. "Ciencias Básicas de la Panificación: El rol de los pentosanos, del grupo thiol y de las grasas en harina- Características Reológicas de las masas". N°15. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Págs: 34-36.
37. PANERA Revista. 2009c. "El almidón dañado y su influencia en panificación". N°7. Panera Ediciones S.A.C. Lima-Perú. Págs: 7-8.
38. PROYECTO PHPPF. 2009. "Desarrollo de Mezclas Farináceas de Cereales (maíz, quinua y cebada) y papas ecuatorianas como sustitutos parciales del trigo importado para la elaboración de pan y fideos". UTA-SENACYT.

39. REPO-CARRASCO, R. 2009. "Elaboración de panes nutritivos empleando productos andinos". Memorias del Seminario Internacional: Alimentos funcionales en Panificación Industrial". Perú.
40. RODRÍGUEZ E, FERNÁNDEZ A Y AYALA A. 2005a. "Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz" No. 57. Revista Ingeniería e Investigación. Págs: 72-78.
41. RODRÍGUEZ E, FERNÁNDEZ A Y AYALA A. 2005b. "Modelos reológicos aplicados a masas de trigo y maíz" No. 58. Revista Ingeniería e Investigación. Págs: 87-93.
42. RODRÍGUEZ E, FERNÁNDEZ A, ALONSO A Y OSPINA B. 2006. "Reología de suspensiones preparadas con harina de yuca precocida" No. 19. Revista Ingeniería & Desarrollo. Págs: 87-93.
43. ROLLIN, E. 1962. "Tratado de panadería y pastelería". Editorial Sintesis. Barcelona-España. Págs: 38-39, 420-421.
44. ROSELL, C., MARCO, C., GARCÍA-ALVÁREZ J., y SALAZAR J. 2009. "Rheological properties of rice–soybean protein composite flours assessed by mixolab and ultrasound" Journal of Food Process Engineering. DOI:10.1111/j.1745-4530.2009.00501.x
45. ROSELL C., COLLAR C. Y HAROS, M. 2007. "Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab". Food Hydrocolloids 21 452–462.
46. RUBIOLO O., MOIRAGHI, M., RUFFINENGO, P. PEREZ, G. LEON, A. 2004. "Evaluación de la calidad industrial de líneas avanzadas de Triticale" Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.

47. SALTOS H., 1993. "Diseño Experimental". Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos". UTA. Ambato–Ecuador, Pág. 55-60.
48. SANDOVAL G. 2007. "Elaboración de Harina Precocida de Papa (*Solanum tuberosum*), en autoclave, con las variedades Superchola y Gabriela, para consumo humano. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. UTA. Ambato-Ecuador. Págs: 1-11.
49. SMITHA, S., RAJIV, J., BEGUM, K y INDRANI, D. 2008. "Effect of hydrocolloids on rheological, microstructural and quality characteristics of parotta – an unleavened indian flat bread". Journal of Texture Studies 39. 267–283.
50. ULLOA, A. 2000. Memorias del documento "Tecnología de Cereales". FCIAL. UTA. Ambato-Ecuador.
51. WATTS, B. 1992. "Métodos Sensoriales Básicos". Editorial Acribia. Zaragoza-España. Págs: 8-9, 66-73.
52. ZURITA, L. 1975. "Estudio sobre las harinas de panificación". Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos. FCIAL. UTA. Ambato-Ecuador. Págs: 60-68.

4.3.1. Páginas de internet

53. AGROPANORAMA. 2010. "Producción Mundial de Trigo 2009/10". Disponible en <http://www.agropanorama.com/news/Produccion-Mundial-de-Trigo.htm>
54. ASITEC. S.A. 2009. "Enzimas: Xilanasas" Disponible en <http://www.asitec.cl/productos.swf>

55. ASOCIACIÓN ARGENTINA PRO TRIGO. 1996. "Parámetros de Calidad". Disponible en http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_calidad.htm
56. BOTANICAL. 1999a. "Los Cereales". Disponible en <http://www.botanical-online.com/cereales.htm>
57. BOTANICAL. 1999b. "Clases o Tipos de Pan". Disponible en <http://www.botanical-online.com/clasesdepan.htm>
58. BORNEO, R. 2008. "Ciencia y Tecnología de los Cereales. Cereales en el mundo: Cebada". Disponible en <http://cytcereales.blogspot.com/>
59. CAZAR P., ALAVA H. 2004. "Producción y Comercialización de Quinoa en el Ecuador". Disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/712/1/1312.pdf>
60. CONSULTORES CEREALISTAS. 2007. "Alveógrafo NG". Disponible en <http://www.concereal.com/es/productos/alveoconsisto.htm>
61. CONSUMER EROSKI. 2009. "Harina de maíz". Disponible en <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/cereales-y-derivados/2001/04/10/35013.php>
62. DIARIO CORREO. 2006. "Quinoa: Nutritiva opción para balancear la dieta". Disponible en <http://www.diariocorreo.com.ec/archivo/2006/07/07/quinua-nutritiva-opcin-para-balancear-dieta>
63. DIARIO HOY. 2007. "Producción de trigo no cubre la demanda local" Disponible en <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/produccion-de-trigo-no-cubre-la-demanda-local-279914-279914.html>

64. DIARIO HOY. 2009. "Cebada: cultivos son aun incipientes". Disponible <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/cebada-cultivos-son-aun-incipientes-371429.html>
65. DIARIO LOS ANDES. 2009. "Investigaciones para mejorar cultivo de cebada". Disponible en http://www.diariolosandes.com.ec/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=14018
66. DOBLES, C., ZÚÑIGA, M. Y GARCÍA, J. 1998. Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones. San José: EUNED. Disponible en <http://www.cidse.itcr.ac.cr/revistamate/ContribucionesV4n22003/meza/pag1.html>
67. EL COMERCIO. 2008. "Pan hecho con harina de papa será distribuido a 190.000 niños". Disponible en <http://elcomercio.pe/edicionimpresa/html/2008-03-16/pan-hecho-harina-papa-distribuido-190000-ninos.html>
68. FAO. 2003. CARLOS NIETO & ROBERTO VALDIVIA. "Capítulo IX. Postcosecha, Transformación y Agroindustria". Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap9.htm>
69. FEED W. 2009. "Quinoa. Productos con energía vital". Disponible en <http://www.quinoaorganica.com/paginasInternas/biosfera-quinoa.htm>
70. FERNÁNDEZ J. 2004. "Propiedades y Reología de Alimentos". Universidad de Almería. España. Disponible en <http://www.ual.es/~jfernand/TA/Tema4/Tema4-PropiedadesFisicasyReologia.pdf>

71. GARZA A. 2007. "El trigo". Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos6/trigo/trigo2.shtml>
72. GODAYOL J. 1998. "GUIA MEDICA FAMILIAR: Grupo de Alimentos". Disponible en <http://www.explored.com.ec/GUIA/fasb2.htm>
73. GRUPO MOLINERO. 2005. "Alveógrafo de Chopin". Disponible en http://www.grupomoliner.com.ar/grupo_moliner_alveograma.htm
74. GRUPO VILBO, 2004. "Mejoradores para panificación". Disponible en http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=964
75. INDUSTRIAS HARINERAS S.A. Molino San Salvador. 2009. "Análisis de los principales tipos de harinas para exportación". Disponible en http://www.industriasharineras.com/datos_tecnicos.htm
76. INFOJARDIN. 2009. "Fideos". Disponible en <http://www.infojardin.net/gastronomia/escaza/fideo-fideos.htm>
77. LALLEMAND. 1996. "Enzimas en Harina". Revista Baking Update. Vol. 1. N°15. México D.F.- México. Disponible en <http://www.lallemmandmexico.com/pdf/LBU-01-15.pdf>
78. LALLEMAND. 2009. "Calidad de las Harinas". Revista Baking Update. Volumen 1. No. 17. México D.F.- México. Disponible en <http://www.lallemmandmexico.com/pdf/LBU-01-17.pdf>
79. LOPEZ, F. 2008. "La Harina: Investigamos sobre los nuevos conceptos para su aplicación". CSI-CSIF Revista Digital. Disponible en http://www.csi-csif.es/andalucia/mod_ense-csifrevistad.html

80. MATÉ, Vidal. 2008. "Los cereales, pan para la paz" Disponible en http://www.elpais.com/articulo/economia/cereales/pan/paz/elpepueconeg/20080713/elpnegeco_2/Tes
81. MOREIRA, G. 2009. "Plan logra reactivar el cultivo de trigo en el país". Disponible en http://www.telegrafo.com.ec/macroeconomia/noticia/archive/macroeconomia/2009/10/07/Plan-logra-reactivar--el-cultivo-de-trigo-en-el-pa_ED00_s.aspx
82. MOROS, C. 2009. "Las Proteasas y su acción sobre el Gluten". Disponible en http://www.alimentariaonline.com/desplegar_notas.asp?did=327
83. NUTRINET. 2009. "Producción mundial de papa es vital para la seguridad alimentaria". Disponible en <http://bolivia.nutrinet.org/servicios/biblioteca-digital>
84. OTRI. 2008. "Enzimas para mejorar el pan". Disponible en http://www2.uah.es/diariodigital/index.php?option=com_content&task=view&id=728&Itemid=46
85. PALIWAL, R. 2009. "Usos de maíz". Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s08.htm>
86. PALMETTI N. 2006. "Alimentos Saludables". Disponible en http://www.prama.com.ar/alimentos_saludables/cebada.htm
87. PANTANELLI A. 1996. "Parámetros Industriales de la Calidad del Trigo" Disponible en http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_industriales_calidad_trigo.htm

88. PETRYK, N. 2009. "Entre papas y patatas". Disponible en <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/Chef/papas%20y%20patatas.htm>
89. PEÑA. J. 2009. "La harina de trigo convertida en pasta". Disponible en <http://www.articuloz.com/pastas-articulos/la-harina-de-trigo-convertida-en-pasta-873672.html>
90. PEROTTI, E. 2009. "Cereales en Argentina". Disponible en http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Newsletters/Cereales/castellano/cereales%202009_09_80.pdf
91. POPPER, L. 2005. "Enzimas: las mejores amigas de las harinas". Mühlenchemie GmbH & Co. KG. Alemania. Disponible en <http://www.muehlenchemie.de/downloads-expertenwissen/mc-enzyme-popper-esp.pdf>
92. PROMPERU. 2007. "Venezuela: Harinas de arroz y maíz en reemplazo del trigo". Disponible en <http://www.prompex.gob.pe>
93. PROYECTO SICA-BM/MAG-Ecuador. 2002. Disponible en <http://www.sica.gov.ec>
94. QUIMINET. 2006. "Ingredientes básicos para panificación". Disponible en http://www.quiminet.com/ar2/ar_advcadvcarm-ingredientes-basicos-para-la-panificacion.htm
95. QUIROS, J., MORA F. 2008. "Acontecer Mundial de los Biocombustibles". Disponible en http://www.cnp.go.cr/php_mysql/admin/KTML/uploads/files/boletines/BIOS0108DEFINIITIVA.pdf

96. RAMIREZ, J. 2006. "Fundamentos de Reología de los Alimentos". JSR e-books. Cali-Colombia. Disponible en <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf>
97. REOLOGICA INSTRUMENTS AB. 2009. "Rheology". Disponible en http://www.reologica.se/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=42
98. RICO M. 2000. "Los cereales" Disponible en http://www.saludalia.com/Saludalia/web_saludalia/vivir_sano/doc/nutricion/doc/cereales.htm
99. RIZZO P. 2001. "El Trigo en el País". Disponible en http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/trigo/trigo_pais.htm
100. RIZZO P. 2000. "El maíz duro amarillo y su perspectiva para el 2001" Disponible en www.sica.gov.ec
101. RODRÍGUEZ, M. 2003. "Las pastas alimenticias al dente, pero seguras". Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2003/02/12/5106.php#bibliografia#bibliografia>
102. SAGARPA. 2007. "INFORME DE LA CALIDAD DEL TRIGO (CICLO OTOÑO-INVIerno 2005/2006)" Disponible en <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Industrializacion/InformeCalidad.pdf>
103. SARMENTERO, O. 2009. "La utilización de enzimas en panificación". Disponible en <http://ibox.saporiti.com.ar/News/viewNote.aspx?Id=56>

104. SICA. 2005. "Tipos de Trigo". Disponible en http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/trigo2003/produccion/tipos_trigo.htm
105. SICA. 2006. "Quinua: Análisis de la Demanda Actual". Disponible en <http://www.sica.gov.ec/cadenas/quinua/docs/Demanda%20Quinua.htm>
106. SICA. 2007. "ECUADOR: Superficie, Producción y Rendimiento de Papa". Disponible en <http://www.sica.gov.ec/cadenas/papa/docs/produccion.htm>
107. SICA. 2009a. "La Quinua en el Ecuador". Disponible en http://www.sica.gov.ec/cadenas/quinua/docs/la_quinua_en_el_ecuador.htm
108. SICA. 2009b. "Ecuador: Importaciones de Harina de Trigo 2000-2008". Disponible en http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/Im_harinatrigo/00-06.htm
109. SICA. 2009c. "Ecuador: Importaciones de Trigo por País 2008". Disponible en <http://www.sica.gov.ec/cadenas/trigo/docs/Import trigo/imppais2008.htm>
110. TA INSTRUMENTS. RHEOMETERS. 2009. "Rheometer AR 2000ex" Disponible en <http://www.tainstruments.com/product.aspx?id=35&n=1&siteid=11>
111. TEJERO, F. 2003. "Asesoría Técnica Panadera" Disponible en <http://www.molineriaypanaderia.com>

112. TEJERO, F. 2008. "Las Enzimas en los nuevos procesos de Panificación". Disponible en <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/ENZIMA.pdf>
113. TEJERO, F. 2009a. "Defectos en la harina de Trigo" Disponible en http://www.franciscotejero.com/tecnica/harinas/defectos_en_las_harinas_trigo.htm
114. TEJERO, F. 2009b. "Los mejorantes en panificación". Disponible en <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/los%20mejorantes.htm>
115. TRIPOD. 2009. "Harina de Quinoa". Disponible en <http://taninos.tripod.com/quinoa.htm>
116. VELASCO J. 1996. "Los Cereales en el Mundo". Disponible en http://www.pps.k12.or.us/district/depts/edmedia/videoteca/curso1/htmlb/SEC_75.HTM
117. VENEGAS Y. 2005. "Cereales: un producto alimenticio saludable". Disponible en <http://www.mailxmail.com/curso/vida/cereales>

2. ANEXOS

ANEXO A: METODOLOGÍA

ANEXO A-1



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito – Ecuador

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA
530:1980**

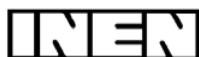
NTE INEN

Segunda revisión

HARINA DE TRIGO. ENSAYO DE PANIFICACIÓN.

Primera Edición

DESCRIPTORES: Trigo, harina, productos de molinería.
AL 02.02-314
CDU: 664.841



Norma Ecuatoriana	HARINA DE TRIGO ENSAYO DE PANIFICACIÓN	INEN 530 1980-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los métodos para determinar las características de panificación de la harina de trigo.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 En esta norma se describen el método manual, el método de referencia y la capacidad de absorción de agua en la harina de trigo para el ensayo de panificación.</p> <p style="text-align: center;">3. TERMINOLOGÍA</p> <p>3.1 Calidad del pan. Es el conjunto de condiciones que debe reunir el pan elaborado con harina de trigo panificable, como: peso, volumen, corteza, apariencia, simetría, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga, expresado en unidades de una escala centesimal, en la que el valor 100 corresponde a la calidad óptima.</p> <p>3.2 Absorción de agua. Es la cantidad de agua necesaria, expresada en porcentaje del peso de la harina, para obtener una masa de consistencia adecuada.</p> <p>3.3 Rendimiento en pan. Es el peso del pan en gramos, correspondiente a 100g de harina, obtenido por pesada efectuada una hora después de la salida del pan del horno.</p> <p>3.4 Volumen del pan. Es el volumen desalojado por el pan expresado en cm³. Se relaciona con la panificación de 100 g da harina.</p> <p>3.5 Textura de la miga. Es el grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto. Los dedos se oprimen ligeramente contra la superficie de un pedazo de pan cortado y se hacen deslizar sobre ella. La sensación producida por esta operación puede describirse como suave, elástica, áspera, tosca, desmenuzable, según el caso.</p> <p>3.6 Grano de la miga. La porosidad o estructura de la celdilla de gas está constituida por el tamaño, forma y distribución de ésta. Un grano deseable está compuesto por celdas pequeñas de tamaño uniforme, de forma oval y de paredes delgadas.</p> <p>3.6 Apariencia. Aspecto exterior del pan.</p> <p>3.8 Color. Característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

4. METODO MANUAL

4.1 Instrumental.

4.1.1 *Termómetro para masas*, con escala de 15 a 40°C.

4.1.2 *Termómetro para el horno*, con escala de 100 a 260°C.

4.1.3 *Recipientes de aluminio*, para la masa en fermentación.

4.1.4 *Molde para panificación estañado*, de acuerdo con lo indicado en la Figura 1.

4.1.5 *Horno de panadería*, con temperatura de $210 \pm 5^\circ\text{C}$.

4.1.6 *Aparato para medición del volumen de los panes*, por desplazamientos de semillas. (Panvolumenómetro).

4.1.7 *Aparato para la medición de la altura de los panes* (puede ser simplemente una regla).

4.1.8 *Balanza*, sensible al 0,1mg.

4.1.9 *Amasadora eléctrica con control de golpes*.

4.1.10 *Espátulas*.

4.1.11 *Probeta* de 1000 cm^3 .

4.2 Reactivos.

4.2.1 *Harina de trigo*, 500 g.

4.2.2 *Levadura prensada*, 15 g.

4.2.3 *Sal*, 10 g.

4.2.4 *Azúcar*, 15 g.

4.2.5 *Grasa*, 10 g.

4.2.6 *Agua potable*.

4.3 Procedimiento

4.3.1 Colocar los 500 g de harina sobre una mesa o en un amasador.

4.3.2 Mezclar en un recipiente adecuado la levadura y el azúcar y disolver en 100 cm^3 de agua.

4.3.3 En recipiente aparte disolver la sal en 100 cm^3 de agua. 4.3.4 Calentar separadamente la mezcla 4.3.2 y la solución salina 4.3.3 para disolver los ingredientes hasta una temperatura de $28 \pm 5^\circ\text{C}$. 4.3.5 Agregar a la harina primeramente la mezcla.

4.3.2 y luego la solución 4.3.3. Añadir luego, poco a poco, el agua necesaria para alcanzar una masa de consistencia adecuada. Debe anotarse la cantidad total de agua utilizada, incluyendo las empleadas en 4.3.2 y 4.3.3; ésta será la capacidad de absorción de agua.

(Continúa)

4.3.6 En condiciones asépticas, amasar a mano la masa formada, hasta alcanzar una masa de características satisfactorias. Esta operación no debe durar menos de seis minutos. Dos minutos antes de terminar el amasado agregar los 10 g de grasa.

4.3.7 La temperatura de agua, ingredientes y recipientes debe ser tal que la temperatura final de la masa sea de $28 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

4.3.8 Redondear la masa con la mano y colocar en un recipiente, que debe estar situado en un lugar cuya temperatura sea la más cercana a 30°C y cuya humedad relativa sea la más elevada posible (63%); para obtener esta humedad puede recubrirse el recipiente con una tela húmeda y limpia, dejar fermentar la masa durante 100 minutos.

4.3.9 Amasar nuevamente a mano por un tiempo de 2 minutos y nuevamente redondear la masa, colocar en el recipiente y dejar fermentar por un tiempo de 25 minutos, en condiciones iguales a las anotadas en 4.3.8.

4.3.10 Remover la masa del recipiente, desgasificar nuevamente y pesar. Dividir la masa en cinco porciones del mismo peso. Cada una de estas porciones se aplana con las manos hasta formar un hojaldre grueso (0,5-1 cm). Estas porciones de masa se enrollan a mano y se colocan en los moldes, procurando que la unión quede hacia la parte inferior. Colocar los moldes en un lugar cuyas condiciones sean similares a las indicadas en 4.3.8 y dejar fermentar durante un tiempo de 60 minutos.

4.3.11 Hornear la masa a una temperatura de $210 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 25 minutos. A los 5 minutos de retirado del horno, debe sacarse el pan del molde.

4.4 Cálculo.

Absorción. Es el valor obtenido según 4.3.5 y se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = W - (100 - p)$$

Siendo:

A = porcentaje de absorción de agua.

W = cm^3 del agua total añadida.

P = masa de la harina.

(Continúa)

4.4.1 Peso. Después de una hora de retirado el pan del horna, pesarlo.

4.4.2 Volumen. Para determinar el volumen del pan debe usarse el aparato Panvolumenómetro; si no se dispone de éste, enrasarse con semillas (de nabo u de otras semillas en tamaño y forma iguales) un recipiente adecuado, por ejemplo un balde pequeño. Enseguida se retira gran parte de estas semillas, se coloca dentro del recipiente el pan cuyo volumen debe determinarse y se cubre con las semillas, hasta volver a llenar por completo el recipiente. Se mide el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo éste el volumen del pan.

4.4.2.1 Deben promediarse el volumen de los cinco panes obtenidos en cada ensayo de panificación. Si la máxima diferencia de volumen de dos panes excede de 100 cm^3 , debe realizarse un segundo ensayo.

4.5 Características externas e internas Antes de las 24 horas de haberse obtenido el pan y por medio de puntaje se determinan las características del pan, al que se le asignan los valores indicados a continuación:

4.5.1 Color de la Corteza.

Dorado	15 puntos
Pálido	10 puntos
Muy pálido	5 puntos
Oscuro	0 puntos

4.5.2 Apariencia y simetría.

Muy bueno	15 puntos
Bueno	10 puntos
Regular	5 puntos
Malo	0 puntos

4.5.3 Sabor.

Muy agradable	10 puntos
Agradable	5 puntos
Desagradable	0 puntos

4.5.4 Color de la miga.

Blanco	10 puntos
Crema	5 puntos
Gris	0 puntos

(Continúa)

4.5.5 Textura de la miga.

Muy buena	30 puntos
Buena	20 puntos
Regular	10 puntos
Mala	0 puntos

4.5.6 Grano de la miga. De acuerdo con el tamaño, la forma y la distribución de los poros o estructuras de las celdillas de gas, será:

Bueno	20 puntos
Regular	10 puntos
Malo	0 puntos

4.5.7 Un pan ideal reúne un puntaje máximo de 100 puntos.

4.5.8 Deben promediarse los valores de calificación de los cinco panes obtenidos en cada ensayo. Las calificaciones promedios de dos ensayos no deberán diferir en más de 1 punto.

4.5.9 El puntaje de aceptación debe alcanzar un mínimo de 50 puntos.

5. METODO DE REFERENCIA

5.1 Instrumental

5.1.1 *Farinógrafo Brabender.*

5.1.2 *Mezclador planetario.*

5.1.3 *Termómetro para masa, con escala de 15 a 40°C.*

5.1.4 *Termómetro para el horno, con escala de 100 a 260°C.*

5.1.5 *Recipientes de aluminio para las masas en fermentación.*

5.1.6 *Cámara de fermentación y de Reposo, capaces de mantener una temperatura de $30 \pm 0,5^\circ\text{C}$ y una humedad relativa superior a 75%.*

5.1.7 *Boleador.*

5.1.8 *Moldeador mono universal o su equivalente.*

5.1.9 *Moldes para panificación, con las dimensiones siguientes: base de 6 cm por 12,5 cm; parte superior 7,5 cm por 14 cm y una altura aproximada de 6 cm.*

5.1.10 *Horno rotatorio de laboratorio, capaz de mantener una temperatura de $210 \pm 5^\circ\text{C}$.*

5.1.11 *Medidor de volumen de panes, por desplazamiento de semillas, (Panvolumenómetro).*

5.1.12 *Vitrina para almacenar panes, una vez pesados y medidos.*

5.1.13 *Cucharones, espátulas, buretas, vasos de precipitación.*

(Continúa)

5.1.14 *Balanza*, sensible al 0,1g.

5.2 Reactivos.

5.2.1 *Levadura*. Disolver 12g de levadura en agua corriente y completar a 100 cm³. Esta solución debe prepararse antes de utilizarla.

5.2.2 *Grasa* 2 g.

5.2.3 *Harina de trigo* en sustancia seca.

5.2.4 *Solución de azúcar y sal*. Disolver 12 g de azúcar y 8 g de sal en agua y completar a 100 cm³.

5.2.5 *Agua*.

5.3 Procedimiento.

5.3.1 La harina de trigo se panifica dos veces en días diferentes, siguiendo el procedimiento siguiente:

5.3.1.1 Pesar 43 g de harina seca, 1.5 g de levadura, 1 g de sal, 1 g de manteca y colocar en la mezcladora del Farinógrafo de Brabender. Añadir agua hasta obtener una consistencia de 430 unidades de Brabender. Leer directamente el porcentaje de absorción en la bureta del Farinógrafo.

5.3.1.2 La temperatura de las soluciones con los ingredientes de la harina y los recipientes deben ser tales que la temperatura final de la masa sea de 28°C.

5.3.2 Por otra parte, colocar en el mezclador una cantidad de harina correspondiente a 86g en sustancia seca, agregar 25 cm³ de la suspensión de levadura (ver 5.2.1), 25 cm³ de la solución de azúcar-sal y agua de acuerdo a lo determinado en 5.3.1.1. Mezclar a velocidad baja durante 10 minutos. Un minuto y medio antes de terminar la mezcla, agregar 2 g de manteca.

5.3.3 Remover la masa del recipiente del mezclador y colocar en el boleador. Retirar la masa una vez que el plato del boleador haya completado 20 revoluciones y colocar en el recipiente de fermentación y éste en la cámara de fermentación. Dejar fermentar por 100 minutos a una temperatura de $30 \pm 5^\circ\text{C}$ y una humedad relativa superior a 75%. Volver a mezclar a velocidad intermedia durante un minuto. Dejar fermentar por otros 25 minutos en las mismas condiciones.

5.3.4 Pasar la masa por el moldeador, usando como cilindrador, dos veces: la primera con una abertura de 0.793 cm y la segunda con una de 0.476 cm. Dividir la masa en porciones correspondientes a 86 g de harina en sustancia seca. Pasar por el moldeador,

(Continúa)

que debe graduarse de acuerdo con la cantidad de masa que se va a moldear, y colocar en el molde con la unión hacia abajo. Colocar el molde en la cámara de reposo a $30 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa superior a 75%.

5.3.5 Dejar fermentar la masa en el molde durante una hora.

5.3.6 Hornear la masa durante 25 minutos a una temperatura de $210 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Antes de cada horneado de ensayo, se debe hornear una serie de panes (no de ensayo), para uniformar las condiciones del horno. A los 5 minutos de retirado del horno, sacar el pan del molde.

5.4 Cálculos

5.4.1 Absorción. La absorción es el valor obtenido directo en 5.3.1.1.

5.4.2 Peso y volumen. Después de una hora de retirado el pan del horno, se pesa y se determina el volumen como se anota en 4.4.2.

5.4.3 Deben promediarse los resultados de los ensayos de panificación. Si los volúmenes de los ensayos difieren en más de 100 cm^3 , debe realizarse un tercer ensayo.

5.4.4 Características externas e internas. Serán Determinadas de acuerdo al numeral 4.5 de esta norma.

6. ERRORES DE METODO

6.1 Para el método manual. La diferencia entre los resultados de la calificación efectuada en 5 panes no debe diferir en más de 10 puntos.

6.2 Para el método de referencia. Si la diferencia entre los resultados de la calificación efectuada por duplicado en los ensayos de volúmenes difiere más de 100 cm^3 , debe realizarse otra determinación.

7. INFORME DE RESULTADOS

7.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los ensayos obtenidos en la determinación.

7.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

7.3 Debe incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

(Continúa)

APENDICE Z.

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z. 2 BASE DE ESTUDIO

Seminario de Panificación. Universidad Técnica del Estado. Escuela Tecnológica Great Plains Wheat. Santiago, 1977.

Escuela Politécnica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Utilización de la harina de papa en panificación. Pruebas de Panificación. Boletín Técnico N° 7. 1974.

Escuela Politécnica Nacional. Ensayos Farinográficos y de Panificación con harinas compuestas. Boletín Técnico N° 5. Quito, 1973.

Norma Colombiana ICONTEC 310. Ensayos de panificación de la harina de trigo. Método de referencia. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1969.

Norma Venezolana NORVEN 218 P. Harina de trigo. Métodos de Análisis. Volumen y prueba experimental de panificación. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1965.

Norma Colombiana ICONTEC 291. Ensayos de panificación de la harina de trigo. Método manual. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1969.

Norma Chilena INDITECNOR 23-23 d. Calidad de la Harina Panadera de trigo. Instituto de Investigaciones Tecnológicas y Normalización. Chile, 1965.

Winton A.L. y Winton K.B. Análisis de Alimentos. Reverte 2da., edición, pp 556. Barcelona, Buenos Aires, 1958.

AACC. Method 10-10 Pag. 1 de 7 Baking quality of wheat bread flour straight dough method. American Association of cereal chemists aproved method. Published American Association of Cereal Chemists Inc, 1821 University Avenue St. Paul, Minnesota. 55104 U.S.A.

(Continúa)

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

La Norma INEN 530 fue sometida a consulta pública de 1978-04-25 a 1978-06-09 y se tomaron en cuenta todas la observaciones recibidas.

La Norma en referencia fue estudiada por el Comité Técnico AI 02-02, HARINAS DE ORIGEN VEGETAL, y aprobada por éste en 1979-06-20.

Formaron parte del Comité Técnico las siguientes personas:

INTEGRANTES:

REPRESENTADA:

Sr. Patricio Hidalgo P.
Sr. Godifrey Berry
Sr. Gustavo Negrete
Dra. Marlene de San Lucas
Sr. Pedro Novillo
Ing. Edgar Alvarado
Ing. Poema Jiménez
Sr. Rafael Clavijo
Ing. César Cáceres
Sr. Wilfrido Llaguno
Ing. Jaime Gallegos
Ing. Peter Alter
Dr. Luis Vallejo
Ing. Washington Moreno

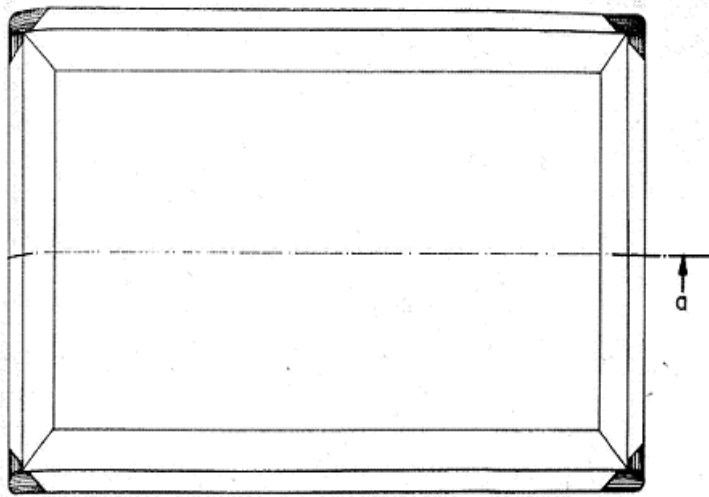
Srta. Lourdes Chamorro
Sr. José Bueno
Dra. Iclea de Rodríguez
Sr. Rafael Aguirre
Ing. Iván Navarrete
Lic. María Eugenia de Mora
Dra. Leonor Orozco

ORGANIZACIÓN

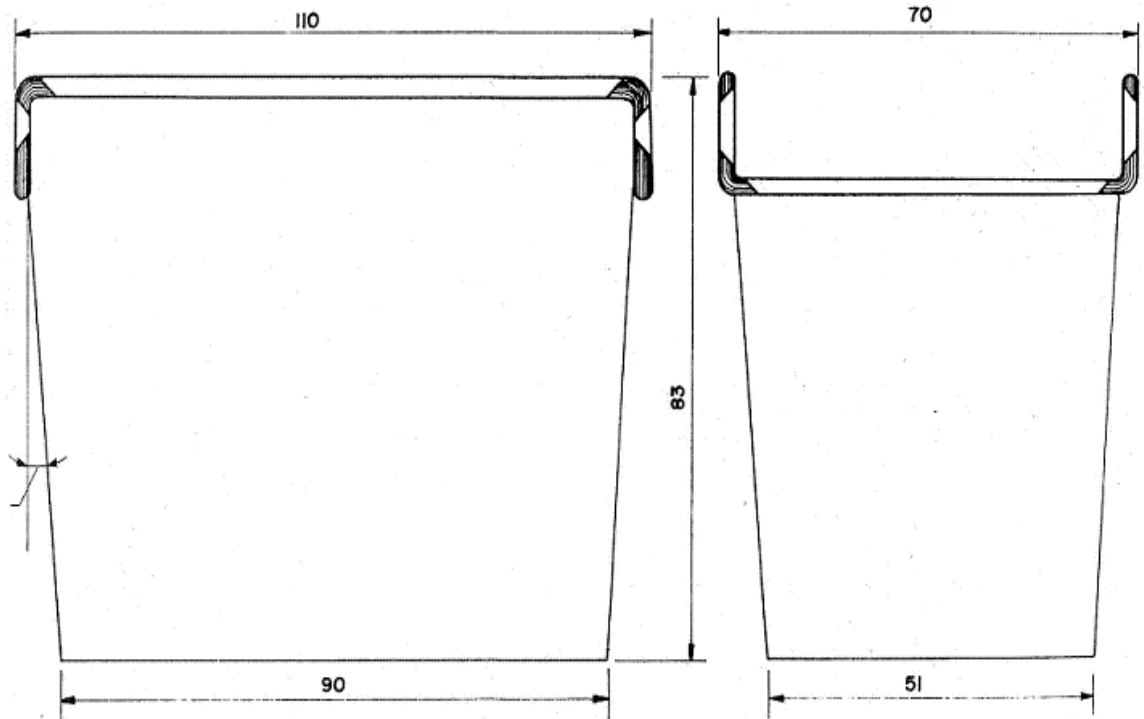
MOLINEROS DE LA SIERRA
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
INDUSTRIAL MOLINERA C.A.
MICEI
MICEI
MICEI (Guayaquil)
CENDES
MAG
MAG (Guayaquil)
MAG
FAO
INSTITUTO NAC. DE NUTRICIÓN
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
TECNOLOGICAS (Guayaquil)
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
MOLINOS POULTIER
INSTITUTO IZQUIETA PEREZ
INEN
INEN
INEN
INEN

Esta Norma fue aprobada por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, en sesión de 1980-12-11.

El Sr. Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta norma con el carácter de OBLIGATORIA, mediante acuerdo N° 220 de 1981-03-04, publicado en el Registro Oficial N° 418 de 1981-04-13.



Vista Superior



Vista Frontal

Vista Lateral

Molde para panificación (Estañó).

Figura Nº 1

ANEXO A-2

FARINOGRAFÍA

El método de trabajo que se llevó a cabo es establecido por la casa BRABENDER fabricante del equipo, acorde al método AACC N° 54-21 e ICC N° 155.

Curva de titulación

- Es necesario hacer una revisión y limpieza previa del equipo, así como verificar las condiciones óptimas del papel y tinta del farinógrafo.
- Se determina la humedad de las muestras de harina que van a ser analizadas farinográficamente.
- Se llena con agua destilada la bureta de acuerdo a la capacidad del mezclador utilizado, que es de 50g.
- Se pesa la harina de acuerdo a su contenido de humedad y se procede a verterla en el mezclador en 2 partes, luego de haber añadido la primera mitad, se pone el equipo en posición "ON"(63 rpm), se lo enciende presionando al mismo tiempo los dos botones de contacto y se permite rotar las paletas unos cuantos segundos, se levanta la tapa del mezclador con lo cual se detiene el equipo, se añade el otro 50% de harina y se arranca nuevamente el mismo para dar inicio al ensayo.
- Transcurrido aproximadamente un minuto (durante el cual se controla la temperatura y se realiza el mezclado de la harina), con el equipo en funcionamiento, se vierte desde la bureta agua destilada (30°C) en una cantidad tal que la línea continua obtenida en el registrador y que corresponde al desarrollo de la masa alcance una consistencia de 500 unidades farinográficas en el punto de- máximo desarrollo (el centro de

la banda en el punto de máximo desarrollo debe alcanzar la consistencia de 500 U.F.).

- La cantidad de agua añadida desde la bureta indica la absorción de la muestra de harina, en porcentaje, así por ejemplo 54% de absorción de agua significa, peso de agua consumida en porcentaje o lo que es lo mismo, 54% del peso de la harina.
- Si hay desviaciones de las 500 unidades de consistencia, puede calcularse la absorción correcta de agua a partir de las desviaciones: 20 unidades de desviación, corresponden a 0,5% de absorción (si la consistencia es mayor de 500 U.F., se necesita más agua y viceversa). En caso de desviaciones más grandes a 20 U.F., la curva de titulación debe repetirse.
- El operador debe permitir el funcionamiento del equipo por suficiente tiempo, hasta que se note una caída apreciable de la curva o que la consistencia sea constante, luego debe desconectarse el equipo y proceder a la limpieza completa del mezclador. Terminado el proceso de limpieza armar el equipo y ponerlo a punto para correr la curva estándar de análisis.

Curva estándar.

- Se añaden 50 g. de harina en el cabezal, si es que la humedad de la misma es del 14 % y cuando esta difiere se utiliza tablas de compensación.
- Arrancar el farinografo-resistógrafo a 63 rpm y luego de haber corrido por un minuto (controlando la temperatura y el mezclado de la harina), verter la cantidad de agua que se determinó en la curva de titulación lo más rápidamente posible.

- Con cuidado y utilizando una espátula de plástico incorporar a la mezcla la masa y la harina acumuladas en las paredes del mezclador, luego que se note una caída apreciable de la curva, dejar funcionar el equipo por 12 minutos adicionales y desconectarlo. El tiempo total del ensayo es generalmente de 20 minutos.

Evaluación de los farinogramas correspondientes a los diferentes tratamientos

Absorción de agua.- Es el porcentaje de agua necesario para que la curva alcance una consistencia de 500 U.F. en el punto de máximo desarrollo.

Tiempo de desarrollo.- Representa el tiempo en minutos desde la iniciación de la curva hasta el punto de máxima consistencia.

Estabilidad.- Es el tiempo en minutos, desde la primera intersección con la línea de 500 U.F. y la última intersección con esta línea.

Índice de Tolerancia al amasado.- Es la diferencia en unidades farinográficas entre la parte superior de la curva en el punto de máxima consistencia y la parte superior de la misma a los 5 minutos de haber alcanzado dicho punto.

ANEXO A-3

MIXOLAB SYSTEM

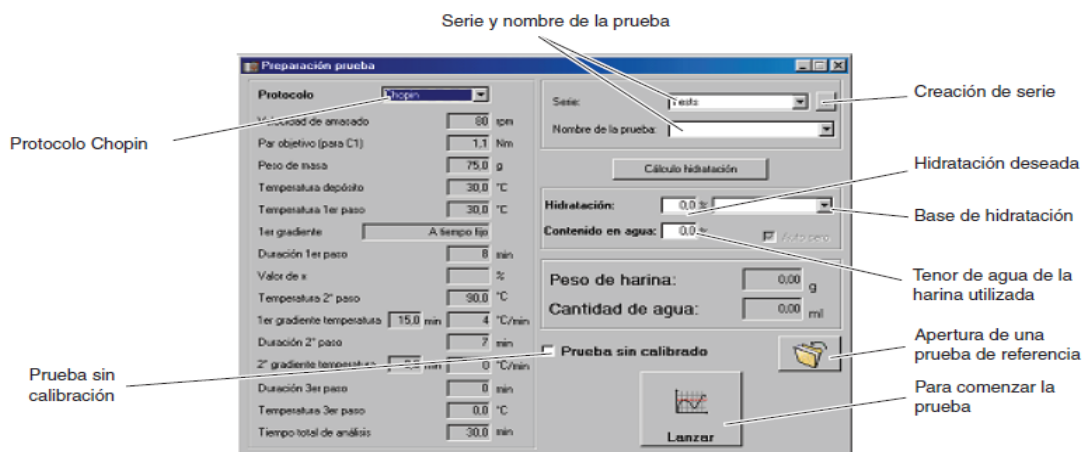
El método de trabajo que se llevó a cabo, es establecido por la casa CHOPIN TECHNOLOGIES fabricante del equipo, basada en la norma ICC N° 173.

Consideraciones Generales

- No Introducir objetos (espátula, cuchara, etc.) mientras giran los fraseadores. Riesgo de daño de los fraseadores.
- Antes de cada utilización, comprobar las conexiones hidráulicas, el apriete de las abrazaderas y cerciorarse de que el tubo de evacuación está colocado en un fregadero.
- La tapa está bloqueada cuando el Mixolab está fuera de tensión (no forzar la apertura, poner el Mixolab bajo tensión para acceder a la vasija).
- El Mixolab no es hermético. Cuidado durante la limpieza del Mixolab.

Curva de calibración para *Mixolab Standard*

- Antes de efectuar una prueba, es necesario probablemente configurar el software Mixolab Chopin (configuración general, parámetros anexos...).
- A partir del programa "Mixolab Chopin", hacer clic en el icono "Preparar una prueba"
- Una nueva ventana aparece.

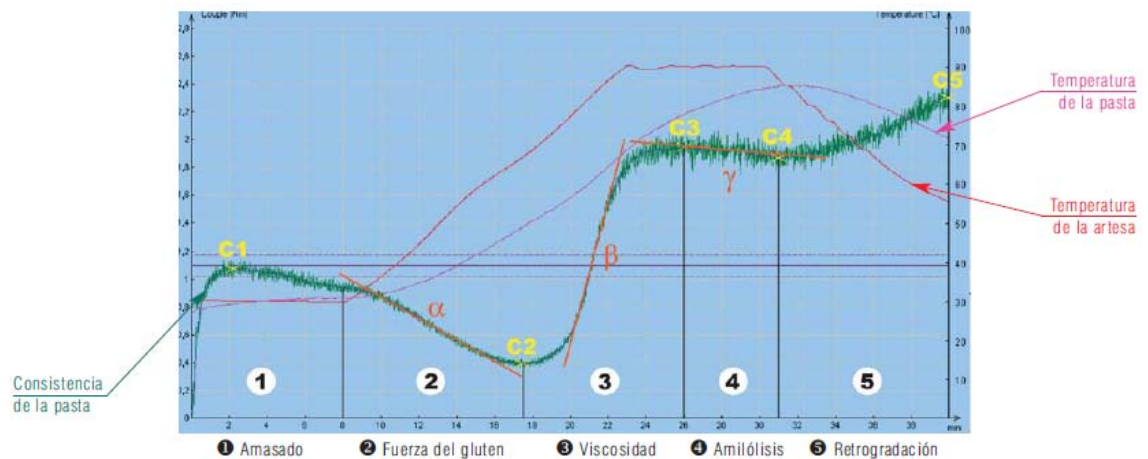


- Elegir un protocolo definido a partir del menú desplegable.
- Elegir la serie en la que será registrada la prueba (puede efectuarse a partir del menú desplegable o puede crearse la serie haciendo clic en el botón previsto a este efecto).
- Indicar el nombre de la prueba.
- Introducir la tasa de hidratación deseada y su base (base que debe elegirse en el menú desplegable: Materia seca (ms), Base 14% (b14), Base 15% (b15) o Tal y como (Tq)).
- Indicar el contenido de agua de la harina utilizada.
- El Mixolab calcula automáticamente la masa de harina a pesar y la cantidad de agua que será inyectada.
- Decidir si la prueba debe efectuarse con o sin calibración.
- Por defecto, la prueba no comenzará mientras las temperaturas de consigna (T°C vasija, T°C agua) no hayan sido alcanzadas (fase de calibración).

Realización de la prueba en *Mixolab Standard*

- Para comenzar una prueba, la anterior debe ser registrada y cerrada.
- Hacer clic en el icono "Iniciar" para comenzar la prueba.
- El Led y el cuadrado de la parte inferior derecha se ponen anaranjados: la prueba está realizándose.
- La tapa está bloqueada.

- Los fraseadores están en funcionamiento.
- Aparece una nueva ventana.
- Un mensaje parpadeante (en fondo blanco) solicita al usuario que introduzca la harina en la vasija.
- Tras cierto tiempo, un mensaje intermitente (en fondo azul) aparece, indicando al usuario a "Colocar la boquilla en la vasija".
- Cuando todos los parámetros hayan alcanzado su valor de consigna, la prueba comienza (autocero, comienzo de registro del par ...)
- Los resultados de la prueba se visualizan en la siguiente pantalla



- Tras cada prueba realizada, es necesario limpiar rigurosamente la vasija.

Caracterización de las harinas en función de su empleo final

La calidad de una harina se juzga en función de su uso final. El *Mixolab Profiler* le permite caracterizar una harina en función de su destino final bajo 6 criterios fundamentales:

- La absorción de agua influye en su rendimiento en pasta.
- El índice de malaxado representa la resistencia que presenta la harina al amasado.
- El índice de gluten da idea de la fuerza de las proteínas.
- La viscosidad en caliente es función de las características del almidón y de la actividad amilásica.

- La resistencia a la amilólisis revela, entre otros factores, el nivel de germinación.
- El índice de retrogradación da una información importante sobre el potencial de conservación del producto elaborado.

Creación de *Mixolab Profiler*

Etapa 1 Cree o seleccione su *Perfil Objetivo* en función de la aplicación que elija.

El **Perfil Objetivo** de una aplicación es una zona caracterizada por unos valores mínimos y máximos en cada uno de los 6 ejes del **Mixolab Profiler**, numerados del 1 al 9. Los ejes representan la absorción de agua, el comportamiento al amasado, la fuerza del gluten, la viscosidad máxima, la actividad amilásica y la retrogradación.

El programa informático del **Mixolab System** le permite o bien elegir uno de los perfiles tipo suministrados por CHOPIN Technologies o bien seleccionarlos de una base de datos personalizada. Puede crear tantos perfiles como necesite y relacionarlos con tipos de harina y clientes o proveedores, e incluirlos en su base de datos.

Etapa 2 Mida el *Índice Mixolab* de su harina y compárelo con su *Perfil Objetivo*.

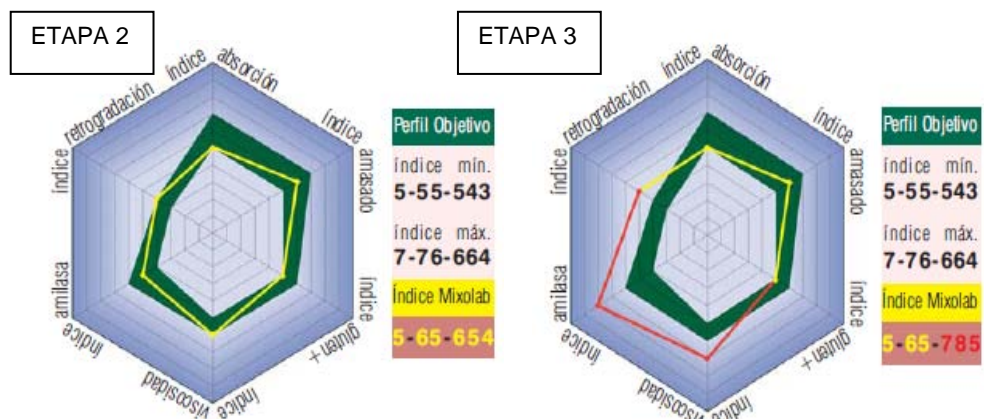
Durante el análisis de la muestra, aparecen en tiempo real, en el **Mixolab Profiler**, los resultados de cada uno de los 6 índices. Así sabrá al instante si la muestra analizada coincide con el perfil que desea.

La curva obtenida queda caracterizada por un **Índice Mixolab** de 6 cifras que corresponden al valor medido en cada uno de los 6 ejes. Si todos los puntos del **Índice Mixolab** de la harina coinciden con el **Perfil Objetivo**, entonces, la harina vale para la aplicación elegida.

Etapa 3 Acepte, adapte o reoriente la harina...

Si, como en el ejemplo anterior, el **Índice Mixolab** de la harina coincide sólo parcialmente con el **Perfil Objetivo**, (diferencia en fuerza del gluten, actividad amilásica y retrogradación) el **Mixolab Profiler** le propone 2 opciones:

- 1 El **Mixolab Guide** le propone una posible corrección de las características, en función de las desviaciones observadas. En el ejemplo de enfrente, el perfil muestra una viscosidad en caliente, una resistencia a la amilólisis y una retrogradación mayores de las necesarias. Corregir la actividad amilásica podrá ayudar a encontrar un perfil más adecuado.
- 2 El **Mixolab Research Tool** rastrea en la base de datos el perfil tipo que más se parezca a la harina analizada, y de localizarlo, le permitirá reorientar la harina hacia una aplicación o un cliente diferente.



ANEXO A-4

ALVEÓGRAFO DE CHOPIN

El procedimiento que se llevó a cabo fue establecido por la casa fabricante del equipo CHOPIN TECHNOLOGIES, basado en la norma AACC N° 54-30A e ICC N° 121.

Consideraciones generales

- Al realizar el amasado es muy importante que la amasadora esté a 24°C y que haya sido muy poco el cambio en la misma al finalizar el proceso. No convendría que la masa final suba a más de 0,5°C de la temperatura inicial. Para ello se debe tener instalada una refrigeración de agua, que ayude a mantener la temperatura del amasado constante.
- La temperatura del laboratorio debe estar siempre entre 18°C y 22°C. En ambientes cálidos debe estar instalado un sistema de aire acondicionado.
- Que la temperatura ambiente esté entre 65% y 75%. Si se tiene en el laboratorio un ambiente muy seco, las cualidades plásticas pueden cambiar sustancialmente para lo que se debe instalar un sistema de humidificación.
- La cantidad de agua a añadir debe ir en relación con la humedad de la muestra. Si se añade más cantidad de agua obtendremos curvas más extensibles y por consiguiente, los datos estarán cambiados. Además la determinación de la humedad es el ensayo base, a partir del cual, se realizan una gran cantidad de ensayos, en otros aparatos del laboratorio.

Método

- Se pesan 250 grs. de harina que se amasan junto con una solución de cloruro de sodio (NaCl) preparada al 2,5%. La cantidad de solución que se añade al amasado, depende de la humedad que tiene la harina. Antes de comenzar el ensayo siempre y a diario debe realizarse la calibración del equipo.
- El método establece amasar durante un minuto, para añadir el agua que tardará en caer de la bureta de 15 a 20 segundos.
- Otro minuto se detiene el equipo para homogenizar la harina y luego 6 minutos más amasando; tiempo que se empleará para aceitar (con vaselina o aceite de cacahuate) las bandejas donde irán los platonos, espátulas, corta-plastón, rodillo.
- Al minuto 8 se comienza a extraer la masa. Se corta los dos primeros centímetros que serán desechados. Posteriormente se extraen cinco plastones, dejando el último sobre la placa de extracción.
- Se pasa el rodillo doce veces por encima de los plastones, colocados sobre las bandejas y con el corta-plastón se forma los cinco plastones, de forma continua, según han estado extrayéndose, para introducirlos en la cámara del alveógrafo.
- Hasta el minuto 28 se aprovecha para limpiar toda la amasadora y los componentes utilizados. Llegado el minuto 28 se comienza a insuflar aire de la cámara de presión, bajo la masa donde se forma una imitación del alveólo panario. A la vez que el alveólo se va hinchando, en el manómetro se irá registrando la curva alveográfica.

- Así se procederá con todos los plastones, pero si se quiere hacer la prueba de degradación se deja el plastón número 2 y 4 durante 3 horas más.
- Algunas observaciones:
 - * A los 2,44 segundos entran 100 cm³ de aire.
 - * Cada plastón pesa aproximadamente 7,9 grs.
 - * La tenacidad (P) se multiplica por 1,1 porque es un factor de corrección debido al arranque-giro del manómetro.

Interpretación de los resultados.

W= Es la fuerza de la harina que se mide en hercios, y es el trabajo de deformación de la masa medido en cm².

L= Es la extensibilidad de la masa que se obtiene en milímetros midiendo la longitud de la misma, y nos da una idea de la capacidad de retención de gases en la fermentación.

P= Es la tenacidad también medida en milímetros. Este parámetro tiene relación con la absorción de agua y así una masa más tenaz que otra, necesitará más agua para obtener la consistencia habitual.

PL= Es el equilibrio de la harina. Que se establece al dividir la tenacidad ya multiplicada por el coeficiente de correlación 1,1; entre la extensibilidad.

ANEXO A-5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ANÁLISIS SENSORIAL DE CALIDAD Y ACEPTABILIDAD DE PAN

Nombre: _____

Fecha: _____

INSTRUCCIONES: Por favor, en el orden que se solicite deguste las muestras y marque con (X) a su parecer una alternativa de cada característica indicada.

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS				
		368	592	614	876	483
APARIENCIA	1. Muy mala	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Mala	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Regular	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Buena	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Muy buena	.....	.....	.....	.....	.....
COLOR	1. Muy Pálido	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Pálido	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Dorado	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Oscuro	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Muy oscuro	.....	.....	.....	.....	.....
SABOR	1. Desagrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Desagrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni agrada ni desagrada	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Agrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Agrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
TEXTURA	1. Dura	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Ligeramente dura	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni dura ni suave	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Ligeramente Suave	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Suave	.....	.....	.....	.....	.....
ACEPTABILIDAD	1. Desagrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....
	2. Desagrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	3. Ni agrada ni desagrada	.....	.....	.....	.....	.....
	4. Agrada poco	.....	.....	.....	.....	.....
	5. Agrada mucho	.....	.....	.....	.....	.....

COMENTARIOS:.....

Gracias por su colaboración.

ANEXO B: RESULTADOS

ANEXO B-1: RESULTADOS DE FARINOGRAFÍA

Código	Simbología	MUESTRA	ABSORCION DE AGUA (%)	TIEMPO DE DESARROLLO (min)		ESTABILIDAD (min)		ÍNDICE DE TOLERANCIA (UB)	
				Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
T ₁₀	T ₁₀	Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo)	63,7	4,5	4,5	7,4	8,4	56	56
T ₁₄	T ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de trigo nacional	63,8	4,8	4,4	5,0	6,3	67	58
T ₁	T ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de trigo nacional	63,7	5,5	5,0	4,7	4,8	64	61
T ₁₁	T ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de trigo nacional	63,6	5,0	4,5	6,2	5,6	70	62
T ₇	C ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de cebada nacional	64,3	4,7	5,5	7,1	6,1	56	55
T ₁₅	C ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de cebada nacional	64,4	4,9	5,2	7,7	7,4	50	60
T ₈	C ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de cebada nacional	64,7	4,5	5,1	8,2	6,5	40	48

Continuación.....

Código	Simbología	MUESTRA	ABSORCION DE AGUA (%)	TIEMPO DE DESARROLLO (min)		ESTABILIDAD (min)		ÍNDICE DE TOLERANCIA (UB)	
				Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
T ₂	M ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de maíz nacional	62,8	4,0	3,9	4,8	5,1	70	75
T ₆	M ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de maíz nacional	61,8	2,5	2,7	4,4	4,2	90	98
T ₃	M ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de maíz nacional	60,6	2,3	2,4	4,2	4,1	125	115
T ₅	P ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de papa nacional	69,4	4,8	4,5	3,3	4,1	80	78
T ₉	P ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de papa nacional	77,0	5,0	5,3	3,5	3,2	90	85
T ₁₃	P ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de papa nacional	84,3	4,9	5,1	2,9	3,0	105	115
T ₄	Q ₁	90% de harina de trigo importado + 10% de harina de quinua nacional	64,2	4,4	4,7	4,4	4,0	60	58
T ₁₆	Q ₂	80% de harina de trigo importado + 20% de harina de quinua nacional	64,6	4,1	4,5	3,7	3,2	62	65
T ₁₂	Q ₃	70% de harina de trigo importado + 30% de harina de quinua nacional	65,4	4,5	4,3	4,1	3,9	95	90

Fuente: Proyecto PHPPF
Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

ANEXO B-2: RESULTADOS DE EVALUCIÓN SENSORIAL DEL PAN

Anexo B-2.1: Característica: APARIENCIA

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
1	3	3	3	4	5	2	5	4	4	4
2	4	4	3	5	4	5	4	4	3	4
3	3	3	3	4	4	4	4	3	5	3
4	4	4	3	5	4	4	5	4	4	3
5	5	4	4	4	5	3	4	4	5	4
6	4	4	3	5	5	4	4	4	2	4
7	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5
8	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4
9	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4
10	1	5	5	3	4	2	3	4	2	1
11	4	4	3	2	2	2	4	5	1	3
12	3	4	4	4	3	4	4	5	4	5
13	5	4	5	4	5	4	5	4	5	3
14	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4
15	4	4	3	1	4	2	4	3	4	3
16	4	5	5	5	4	4	4	3	5	5
17	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4
18	4	4	3	3	4	3	5	4	3	5

Continuación.....

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
19	4	4	4	3	5	4	4	3	3	4
20	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5
21	4	4	4	3	5	4	4	4	4	4
22	4	3	4	4	4	5	3	3	5	1
23	4	3	3	4	2	3	3	4	4	3
24	4	4	5	4	5	4	4	4	4	3
25	4	3	4	4	3	4	5	3	4	4
26	4	5	4	3	4	4	3	4	4	5
27	5	5	5	4	4	3	5	4	5	5
28	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4
29	2	3	3	1	3	3	3	4	4	2
30	4	4	4	3	4	3	5	4	5	3
31	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4
32	4	4	3	4	5	3	4	4	5	5
33	3	4	3	3	4	4	4	4	3	4
34	4	5	5	2	4	1	5	3	3	4
35	4	4	3	5	4	4	3	4	4	5
36	4	4	4	5	4	4	3	3	5	5
37	5	3	4	4	3	5	4	4	4	3
38	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3

Continuación.....

Catador	T3		C2		TI0		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
39	4	5	4	4	5	4	3	5	4	5
40	3	5	4	5	4	5	5	3	4	4
41	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3
42	3	5	3	4	2	4	2	5	3	5
43	4	3	4	3	5	3	3	3	4	4
44	3	3	5	3	4	4	4	5	5	4
45	4	4	4	4	4	3	5	4	3	4
46	4	5	4	5	3	5	4	5	4	5
47	4	4	4	4	5	3	3	4	3	5
48	3	3	3	1	2	2	4	3	3	5
49	4	5	5	3	5	4	4	5	5	4
50	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5

Fuente: Proyecto PHPPF

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **TI₀**= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Anexo B-2.2: Característica: COLOR

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
1	3	2	3	3	2	4	2	4	4	1
2	3	4	4	3	3	5	4	4	4	3
3	1	1	2	4	3	3	4	2	5	1
4	1	3	2	3	2	3	3	3	3	2
5	3	3	3	4	3	4	3	3	3	2
6	2	3	3	3	3	3	1	3	3	2
7	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3
8	2	2	3	3	3	3	2	3	2	1
9	4	3	4	4	4	3	4	4	2	3
10	1	2	5	5	2	3	4	4	3	1
11	2	2	3	2	4	3	3	4	3	1
12	3	4	4	2	2	5	3	4	4	3
13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
14	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2
15	3	3	3	2	3	4	3	4	3	2
16	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3
17	3	3	4	3	4	3	3	2	3	3
18	2	3	3	4	4	4	3	3	3	3

Continuación.....

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
19	2	3	3	3	3	4	2	2	4	3
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
21	3	2	4	4	3	3	2	4	3	2
22	1	2	2	3	3	3	1	2	3	1
23	2	2	1	3	3	4	3	4	2	3
24	2	1	3	3	3	3	3	2	3	1
25	1	1	2	4	4	4	5	4	5	3
26	3	4	3	5	3	5	2	4	4	2
27	3	3	3	2	4	4	4	1	3	3
28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	1	2	3	2	2	4	3	3	3	1
30	2	3	3	3	3	5	2	4	4	3
31	3	3	4	4	4	3	3	3	4	3
32	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2
33	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2
34	2	2	4	3	3	4	4	4	3	1
35	3	4	4	5	3	3	3	3	4	3
36	3	3	3	5	3	4	2	3	3	3
37	3	3	4	4	3	4	4	3	3	2
38	2	2	3	3	3	3	2	2	3	2

Continuación.....

Catador	T3		C2		TI0		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
39	3	3	4	4	3	4	2	3	4	3
40	3	3	4	3	2	3	3	2	3	2
41	2	2	3	4	1	3	2	3	2	2
42	2	3	3	3	3	3	3	4	2	2
43	3	3	3	3	2	3	4	3	2	2
44	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2
45	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
46	3	4	2	4	3	4	3	4	4	3
47	2	4	5	4	3	5	4	4	4	3
48	3	4	4	3	2	5	4	4	2	3
49	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2
50	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3

Fuente: Proyecto PHPPF
Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **TI₀**= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Anexo B-2.3: Característica: SABOR

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
1	2	3	3	4	5	2	5	2	5	5
2	5	4	4	4	5	3	4	3	5	5
3	2	3	3	5	2	2	4	4	4	2
4	3	4	5	3	4	5	4	3	4	4
5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4
6	4	3	5	4	5	3	3	1	4	5
7	3	3	5	3	3	5	4	3	5	5
8	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5
9	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3
10	1	2	3	3	5	1	4	5	5	4
11	4	4	5	3	4	4	5	2	4	3
12	4	5	4	4	3	4	4	3	4	5
13	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	3	2	2	3	3	3	4	3	4	4
15	4	3	4	3	4	2	3	3	4	3
16	4	5	5	3	2	3	4	2	5	5
17	5	3	5	4	4	4	5	5	5	5
18	2	3	5	4	4	1	3	2	2	5

Continuación.....

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
19	2	3	5	3	4	5	3	4	2	5
20	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	4	3	4	5	5	5	3	3	4	4
22	1	3	2	3	4	4	1	1	4	3
23	2	3	4	4	3	4	2	3	4	4
24	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
25	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2
26	5	5	5	5	2	4	3	2	5	5
27	3	5	5	4	4	4	5	3	5	4
28	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
29	2	2	3	1	3	1	4	4	4	3
30	3	4	4	5	3	5	4	4	3	3
31	2	4	3	2	2	3	4	2	4	4
32	4	4	3	4	5	2	4	5	5	4
33	4	4	5	5	3	4	4	3	4	4
34	3	3	4	2	2	3	5	4	4	5
35	5	4	4	5	5	4	5	4	5	5
36	4	4	4	5	4	4	3	3	5	5
37	4	4	5	2	4	3	4	5	5	4
38	4	2	4	4	3	4	2	4	2	3

Continuación.....

Catador	T3		C2		TI0		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
39	5	5	4	5	4	4	3	4	5	4
40	4	4	5	4	4	5	4	4	4	3
41	2	4	4	4	4	4	2	4	5	5
42	3	5	4	3	3	4	5	4	5	5
43	5	4	3	3	5	2	4	3	3	4
44	4	2	5	2	3	4	3	5	4	3
45	4	3	5	4	5	5	4	4	3	3
46	3	5	4	3	3	5	4	4	4	5
47	3	4	4	4	5	3	4	4	4	5
48	4	2	3	1	3	1	4	4	3	4
49	5	5	5	3	5	4	5	5	4	4
50	2	5	4	4	4	4	3	4	4	5

Fuente: Proyecto PHPPF

Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, C₂= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, TI₀= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), C₁= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, C₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Anexo B-2.4: Característica: TEXTURA

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
1	2	3	3	2	5	1	5	2	4	3
2	5	4	4	3	5	2	3	3	3	5
3	2	4	3	1	4	1	2	3	3	4
4	3	4	4	2	4	1	5	2	4	4
5	4	4	4	3	2	2	4	4	4	4
6	4	5	3	2	3	1	4	3	5	5
7	3	3	1	3	2	3	1	4	2	4
8	4	4	2	2	5	2	4	2	4	2
9	4	3	3	3	4	4	3	4	3	4
10	2	3	3	2	4	1	5	4	1	3
11	3	4	4	1	4	5	2	4	3	4
12	4	4	5	2	4	4	3	4	3	5
13	5	4	5	2	4	5	4	5	5	5
14	3	2	3	1	3	2	3	2	3	2
15	3	3	3	3	3	1	4	2	3	4
16	2	5	4	3	1	3	3	3	5	4
17	3	2	2	2	1	3	2	4	3	3
18	4	3	5	2	5	1	4	3	5	5

Continuación.....

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
19	4	2	4	1	3	5	4	4	4	4
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2
21	4	3	3	2	4	3	2	4	4	3
22	4	3	3	4	3	2	1	1	5	4
23	3	3	4	2	2	2	1	4	4	2
24	4	3	4	1	3	2	3	2	2	4
25	1	3	3	2	1	3	2	3	4	4
26	5	5	3	1	5	1	1	2	5	5
27	4	5	4	1	5	1	4	2	5	5
28	4	5	4	4	3	4	4	5	4	5
29	4	3	1	1	2	1	1	2	4	3
30	4	3	3	4	3	2	3	3	4	4
31	1	5	2	1	4	2	4	3	4	4
32	4	5	5	3	5	2	4	5	5	4
33	3	4	2	4	4	2	2	4	4	5
34	4	3	2	2	3	1	3	3	2	4
35	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5
36	3	4	4	5	4	3	4	3	5	5
37	5	4	4	2	5	3	3	5	4	5
38	2	3	3	1	2	2	2	3	3	2

Continuación.....

Catador	T3		C2		TI0		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
39	4	5	3	2	2	1	1	2	5	4
40	5	4	3	2	2	2	3	4	3	4
41	3	2	4	2	3	2	4	3	4	4
42	2	5	1	2	3	2	3	4	3	5
43	4	2	3	2	5	1	3	1	3	3
44	5	3	4	1	2	2	2	5	1	3
45	4	4	5	2	3	1	3	3	3	4
46	3	4	5	5	5	3	4	3	4	4
47	3	2	2	1	4	2	3	4	4	5
48	2	2	2	1	1	1	4	3	4	3
49	2	5	2	2	3	2	2	5	2	5
50	4	5	4	2	4	2	3	4	4	5

Fuente: Proyecto PHPPF
Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **TI₀**= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

Anexo B-2.5: Característica: ACEPTABILIDAD

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
1	3	3	3	3	5	2	5	2	4	4
2	5	4	3	4	5	3	3	3	4	5
3	2	3	3	3	3	2	4	3	4	4
4	2	4	4	3	4	5	4	3	4	4
5	5	5	5	4	4	2	5	5	5	5
6	4	3	5	4	3	3	5	1	4	5
7	5	4	5	5	5	5	4	3	3	5
8	4	4	5	5	5	5	4	5	5	4
9	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4
10	1	2	4	4	5	1	3	5	2	3
11	4	4	5	2	4	5	5	4	4	4
12	4	5	4	4	3	4	4	4	4	5
13	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3
15	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3
16	4	5	5	4	2	4	3	2	5	5
17	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5
18	3	4	5	3	4	3	4	2	2	5

Continuación.....

Catador	T3		C2		T10		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
19	3	3	5	3	4	5	3	4	3	4
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	5	4	5	4	5	5	4	3	4	3
22	1	3	3	4	5	4	2	1	4	3
23	4	3	5	3	3	4	2	3	4	4
24	5	3	5	3	5	3	3	3	3	3
25	2	3	5	3	2	4	2	3	5	4
26	5	5	5	5	2	4	3	2	5	5
27	3	5	5	4	4	4	5	3	5	4
28	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
29	3	3	3	2	3	2	4	4	5	3
30	4	4	5	5	3	3	5	4	4	5
31	2	4	3	2	2	3	4	2	3	4
32	5	4	4	4	5	2	4	5	5	4
33	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4
34	4	3	3	1	2	4	5	2	5	5
35	5	4	4	5	4	4	4	4	5	5
36	4	4	5	5	4	3	4	3	5	4
37	4	4	5	2	3	3	4	5	5	4
38	4	4	3	4	3	3	2	3	2	4

Continuación.....

Catador	T3		C2		TI0		C1		C3	
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 1	Réplica 2
39	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4
40	3	4	4	4	2	5	3	4	4	3
41	2	4	4	4	4	4	4	3	5	5
42	4	5	4	5	3	5	5	5	5	4
43	5	3	4	4	5	2	4	3	4	4
44	4	2	5	3	4	3	3	5	4	3
45	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4
46	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4
47	4	4	4	2	5	3	4	4	5	5
48	2	1	3	1	2	1	4	4	3	4
49	5	4	4	4	4	4	3	5	5	5
50	3	4	5	4	5	4	3	5	3	5

Fuente: Proyecto PHPPF

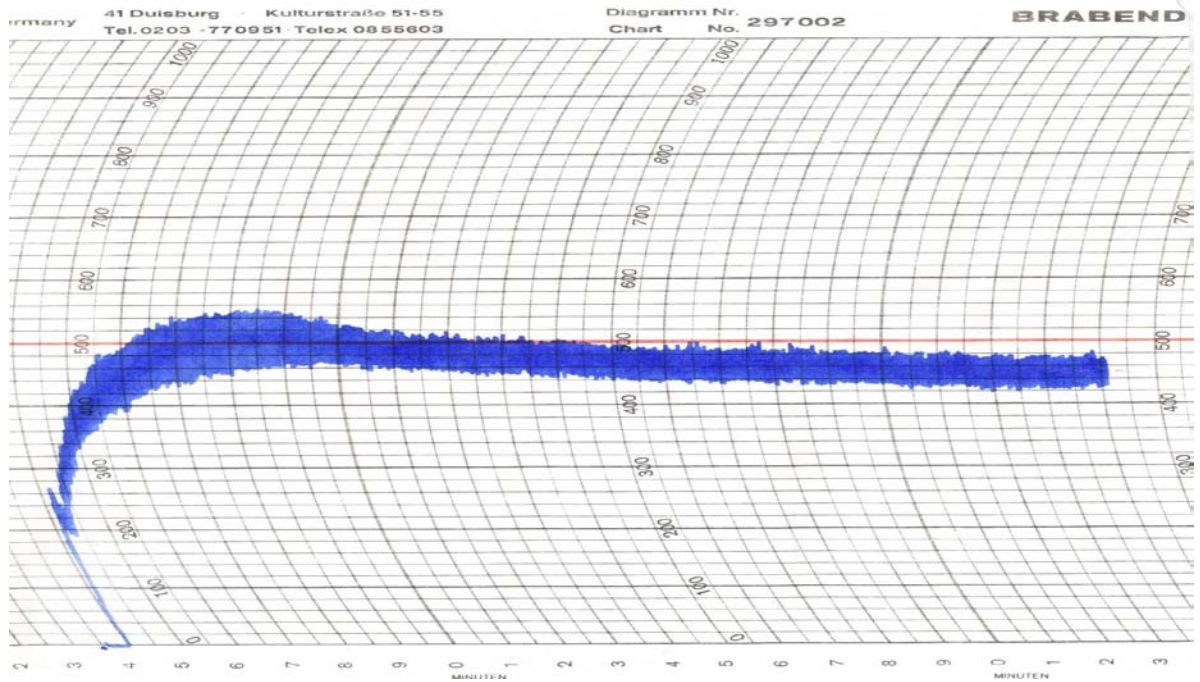
Elaborado por: Alexandra Lascano, 2009.

T₃= 70% harina de trigo importado + 30% harina de trigo nacional, **C₂**= 80% harina de trigo importado + 20% harina de cebada nacional, **TI₀**= Harina de Trigo importado CWRS # 1 (testigo), **C₁**= 90% harina de trigo importado + 10% harina de cebada nacional, **C₃**= 70% harina de trigo importado + 30% harina de cebada nacional.

ANEXO C: FIGURAS OBTENIDAS EN LA EXPERIMENTACIÓN

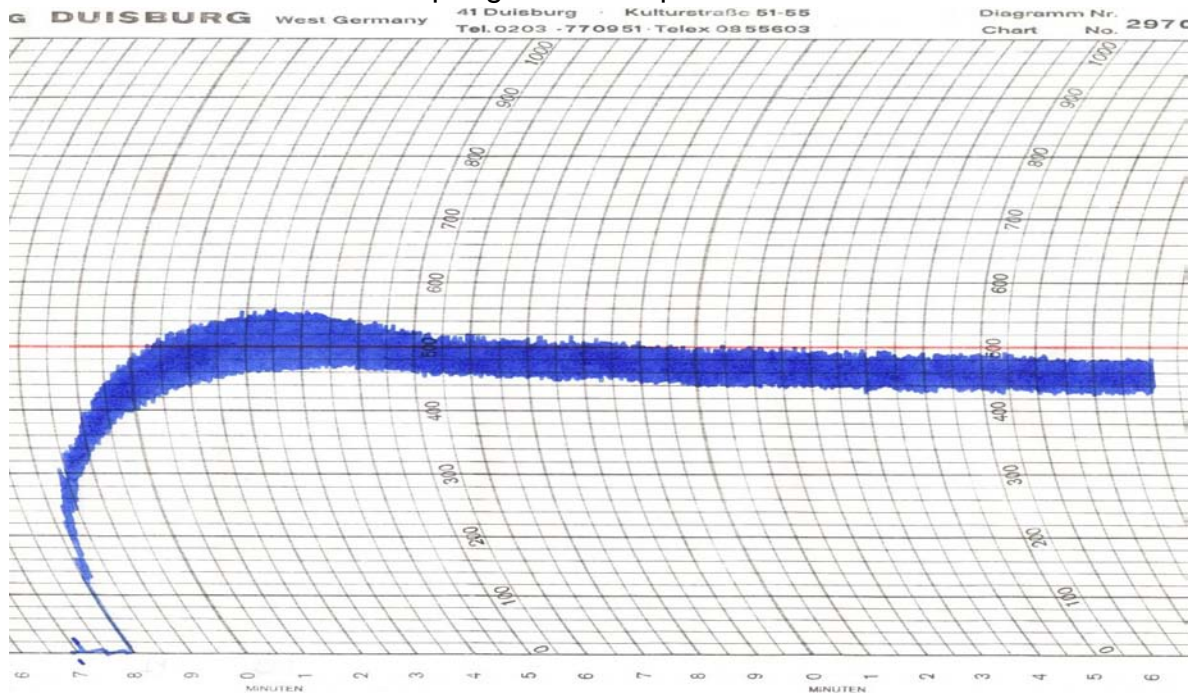
ANEXO C-1: FARINOGRAMAS

FIGURA 8. Farinograma: Harina de Trigo Importado Canada Western Red Spring N°1. Réplica 1



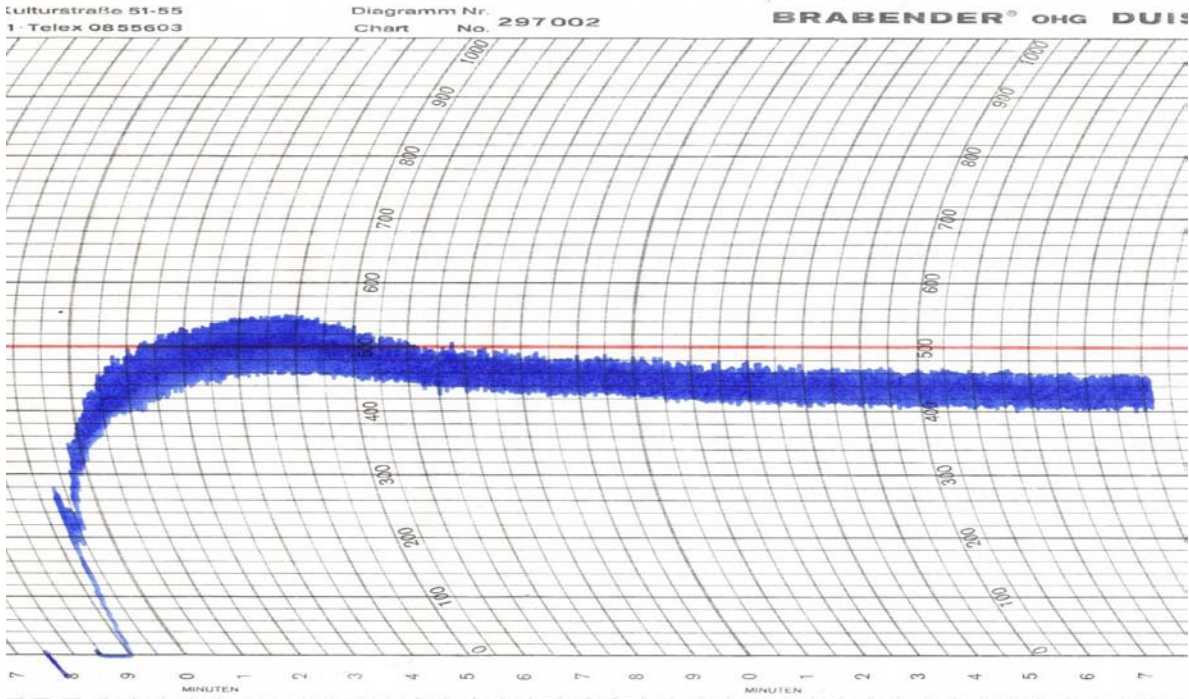
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 9. Farinograma: Harina de Trigo Importado Canada Western Red Spring N°1. Réplica 2



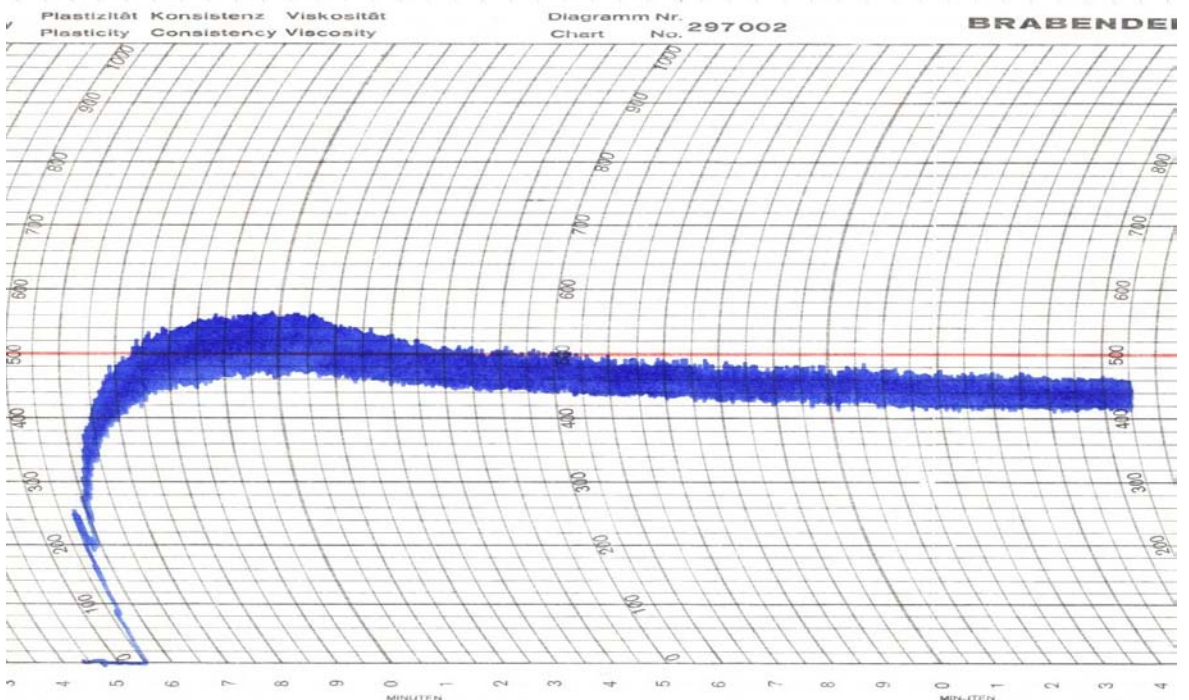
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 10. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Trigo Nacional (10%). Réplica 1



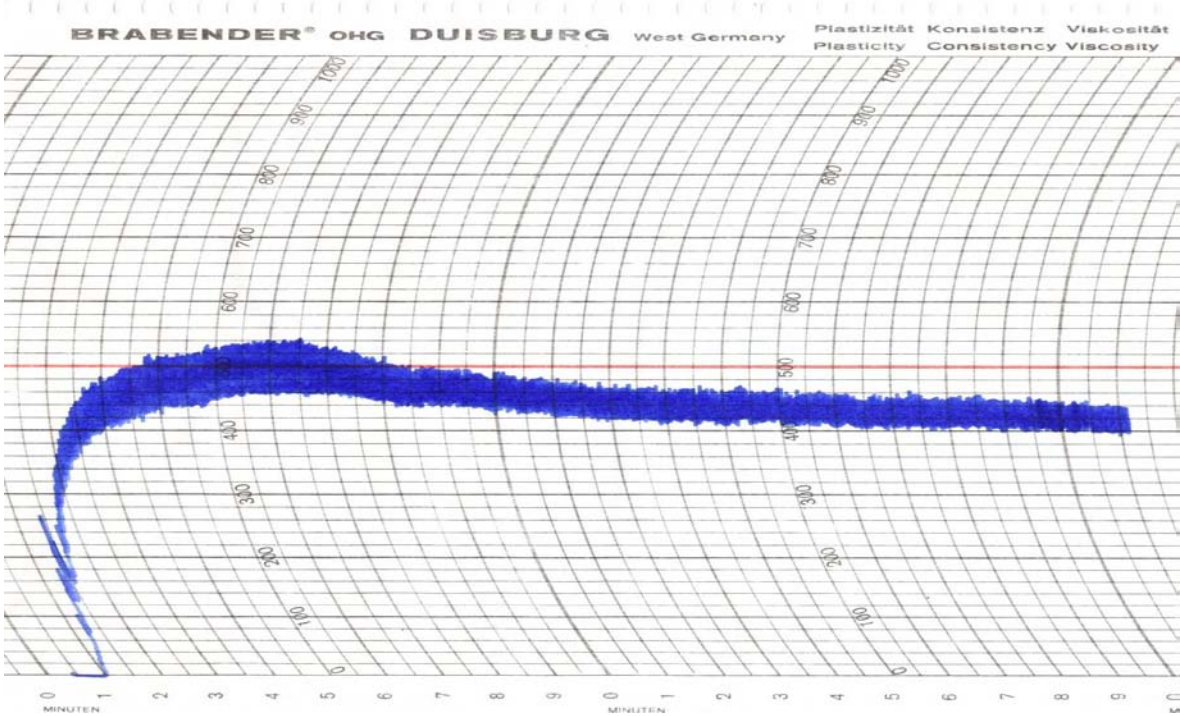
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 11. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Trigo Nacional (10%). Réplica 2



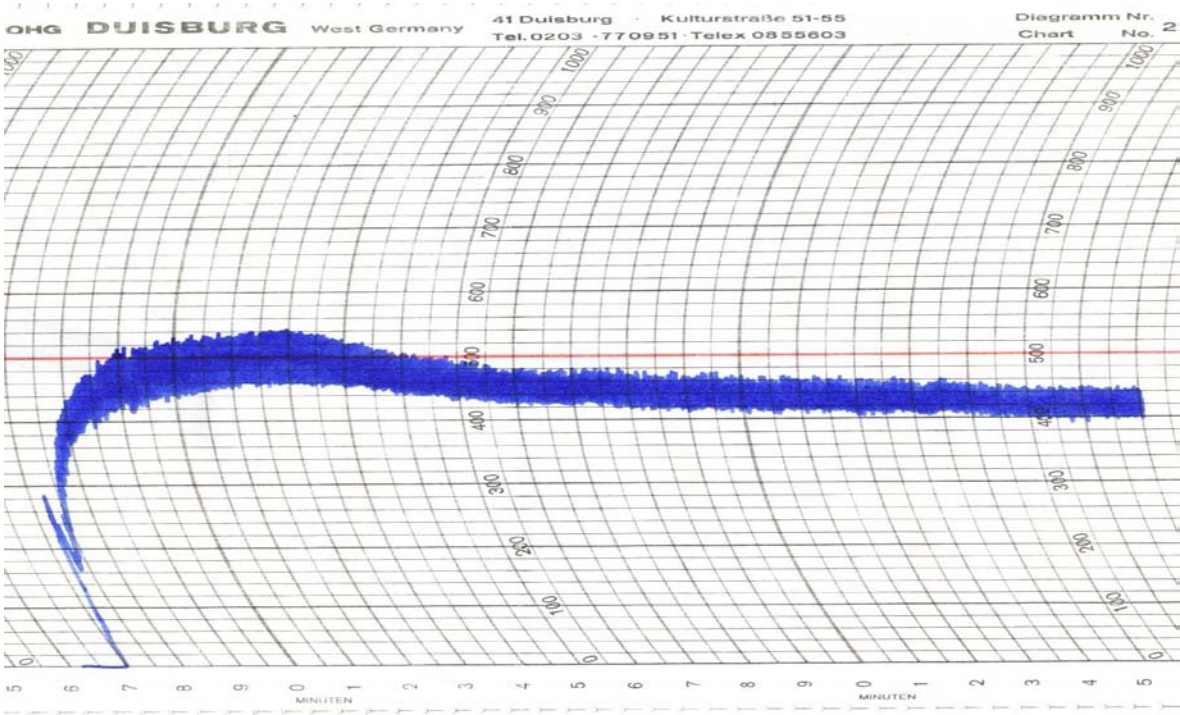
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 12. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Trigo Nacional (20%). Réplica 1



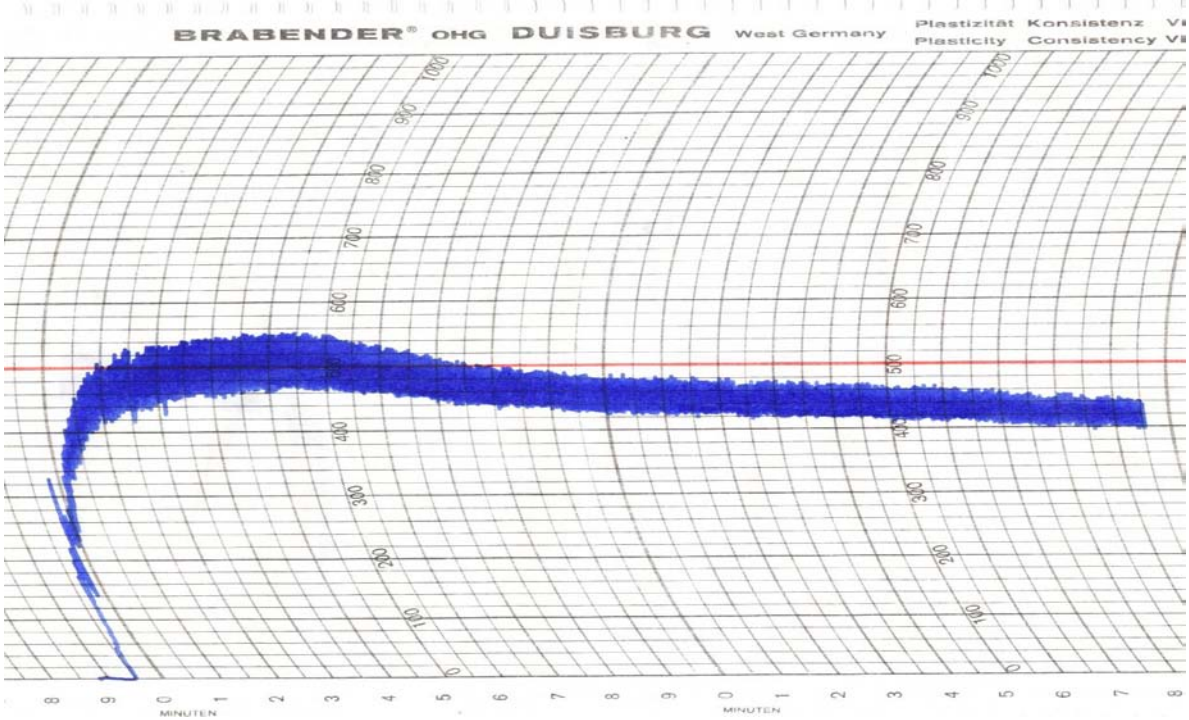
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 13. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Trigo Nacional (20%). Réplica 2



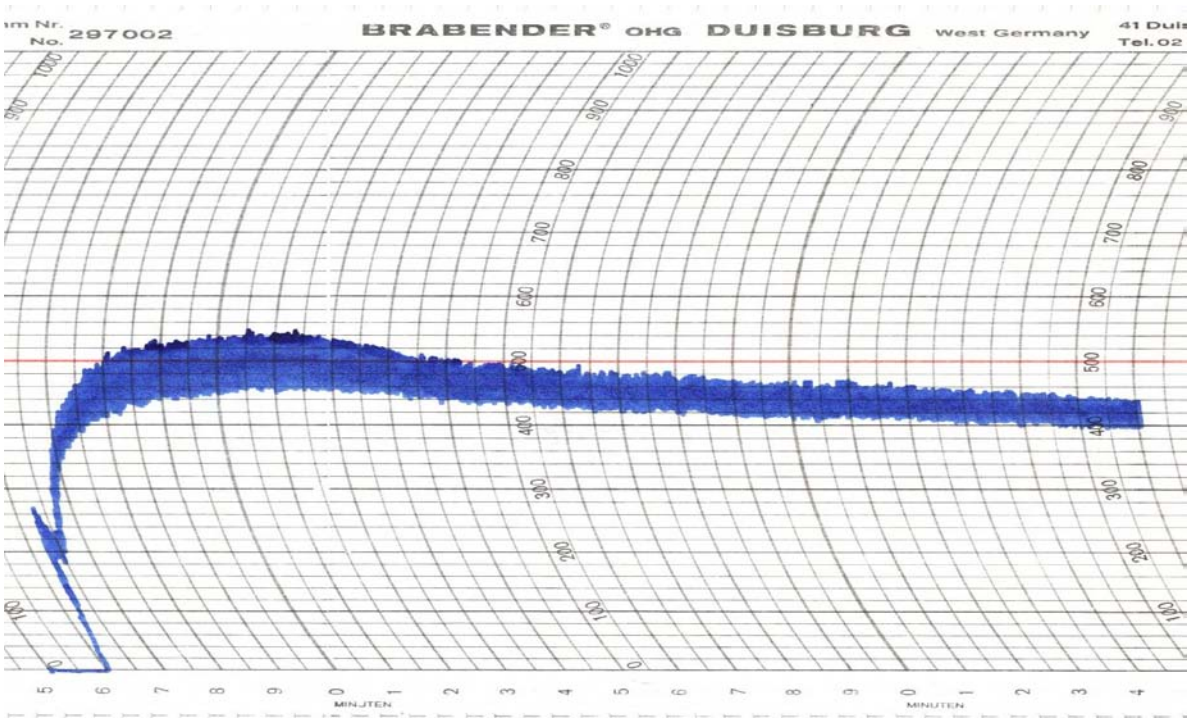
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 14. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%). Réplica 1



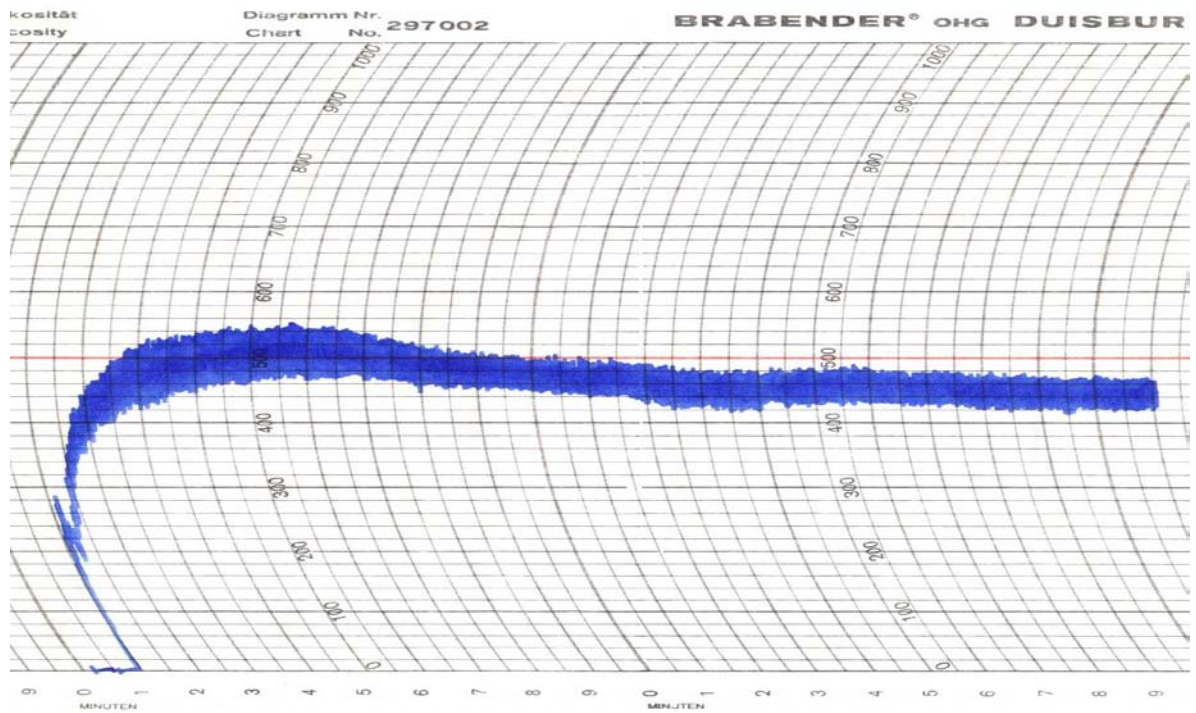
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 15. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%). Réplica 2



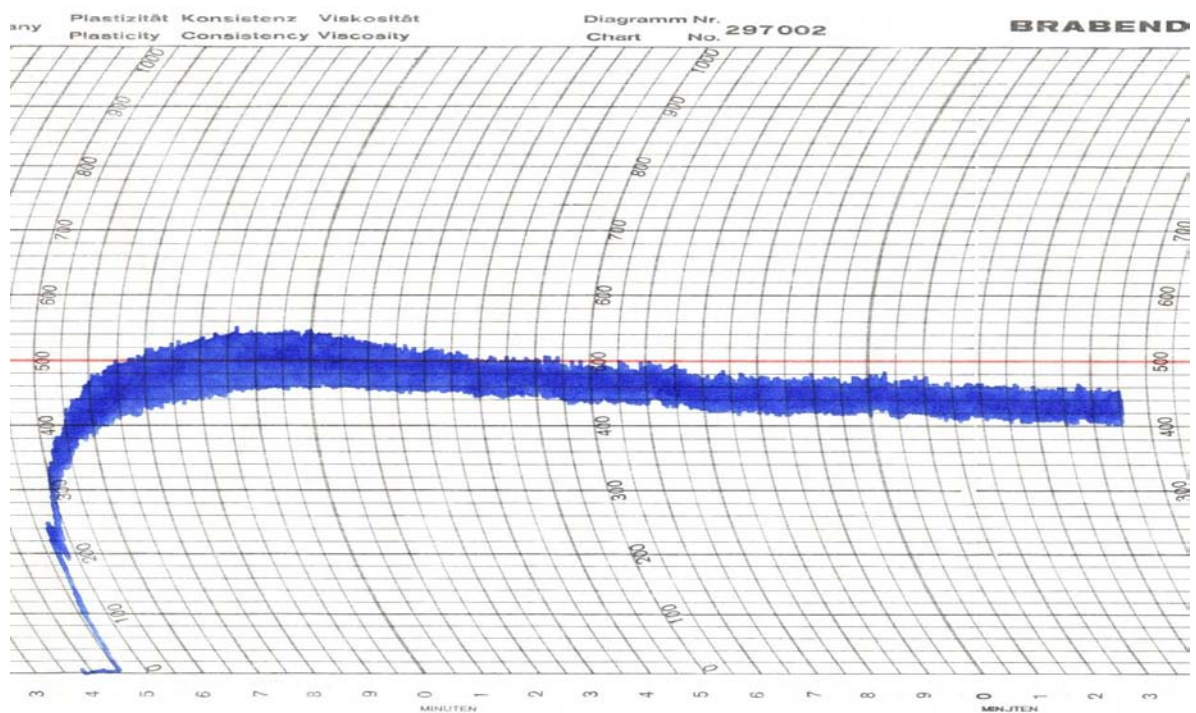
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 16. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%). Réplica 1



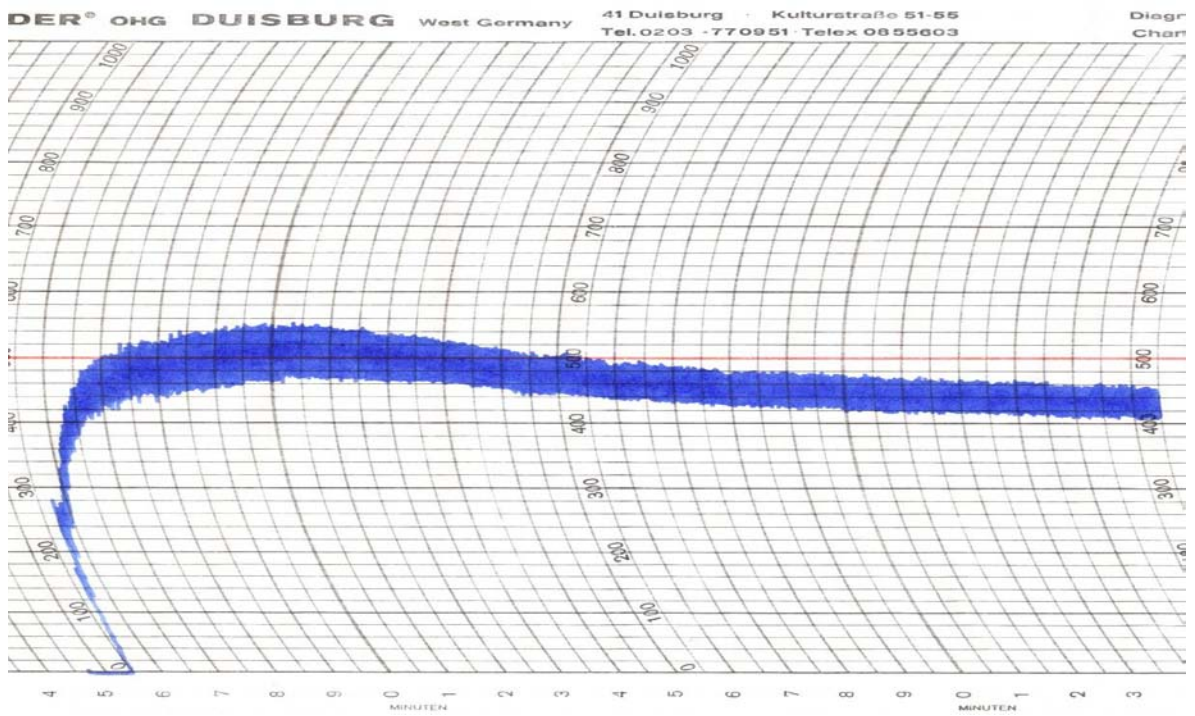
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 17. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%). Réplica 2



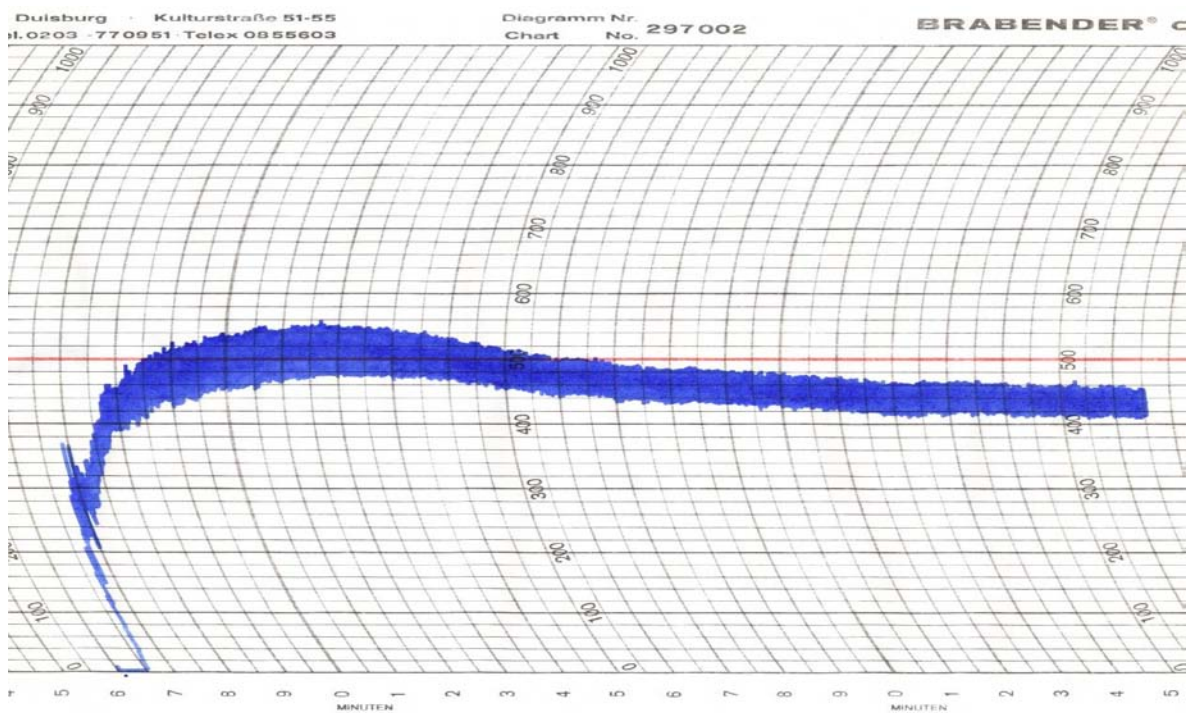
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 18. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%). Réplica 1



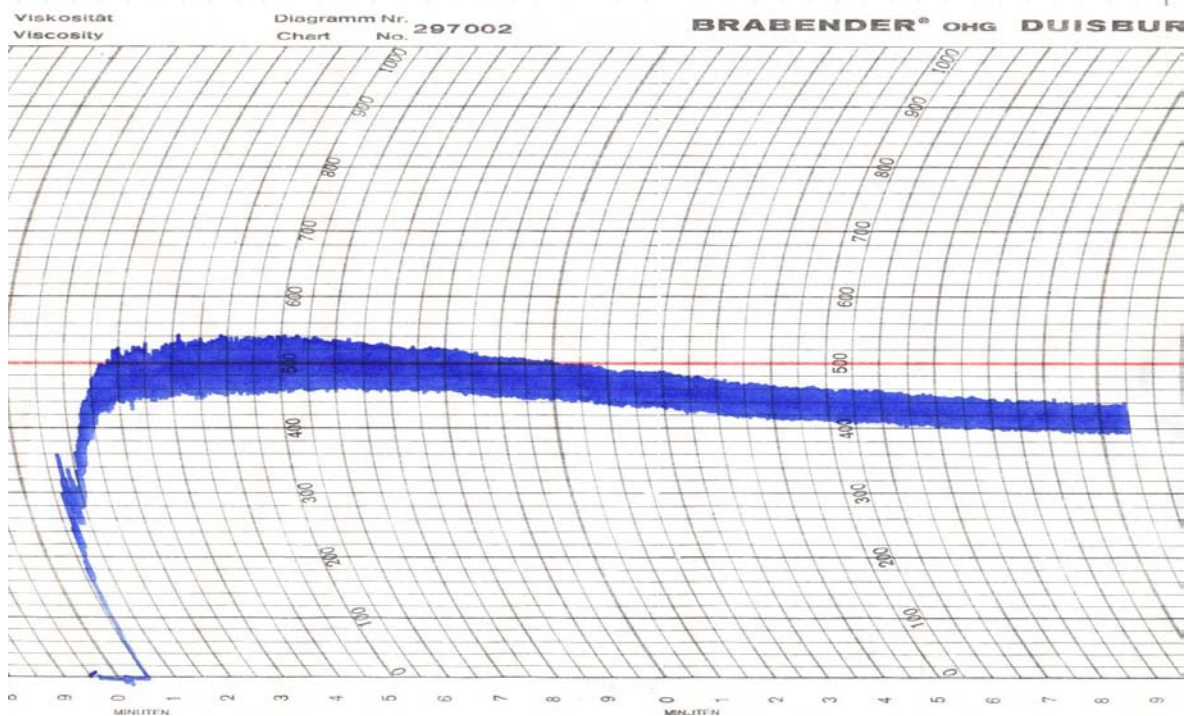
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 19. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%). Réplica 2



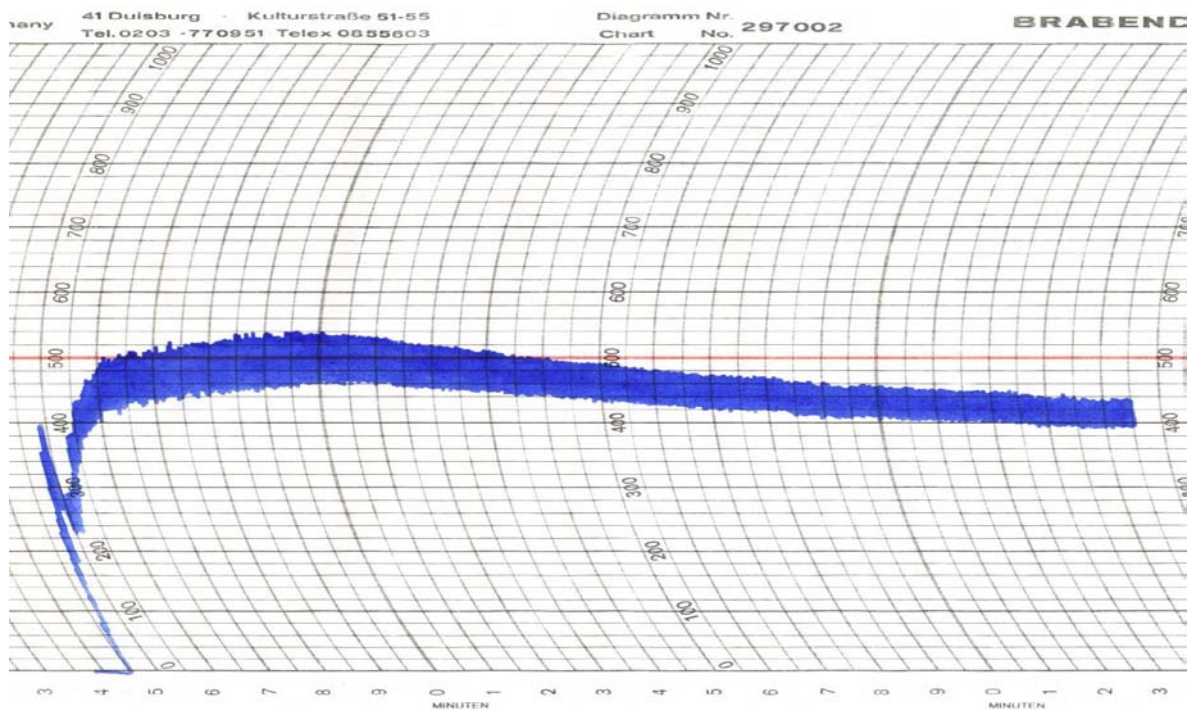
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 20. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%). Réplica 1



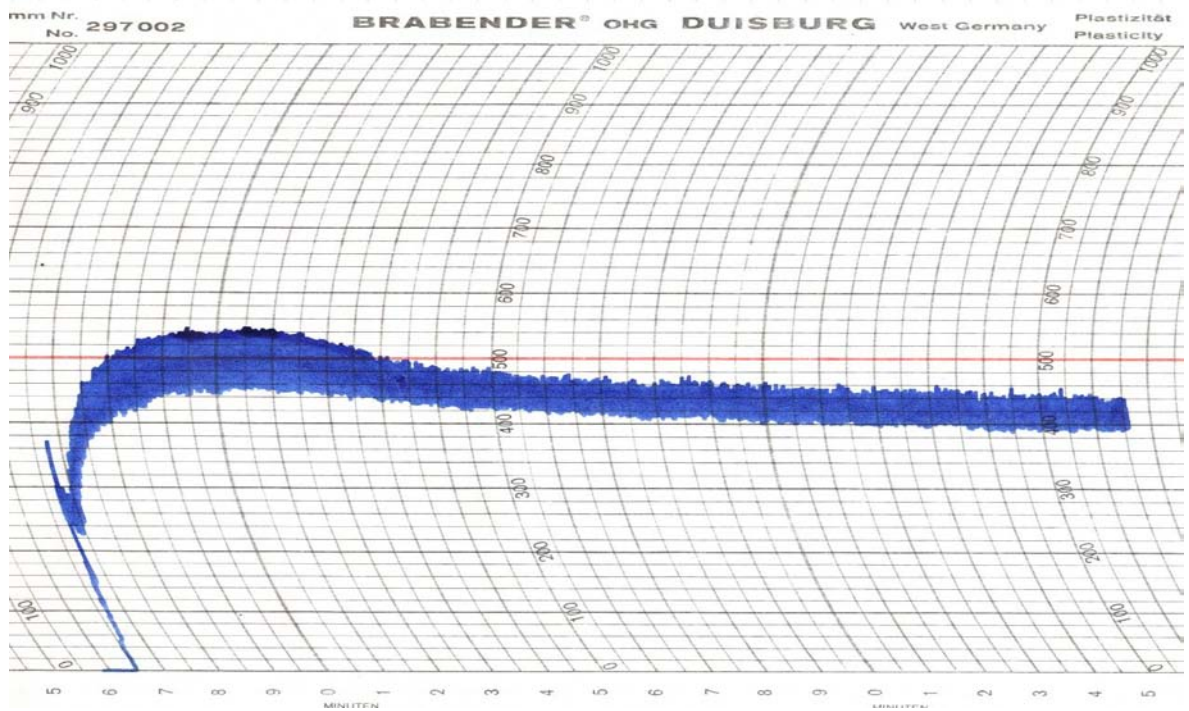
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 21. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%). Réplica 2



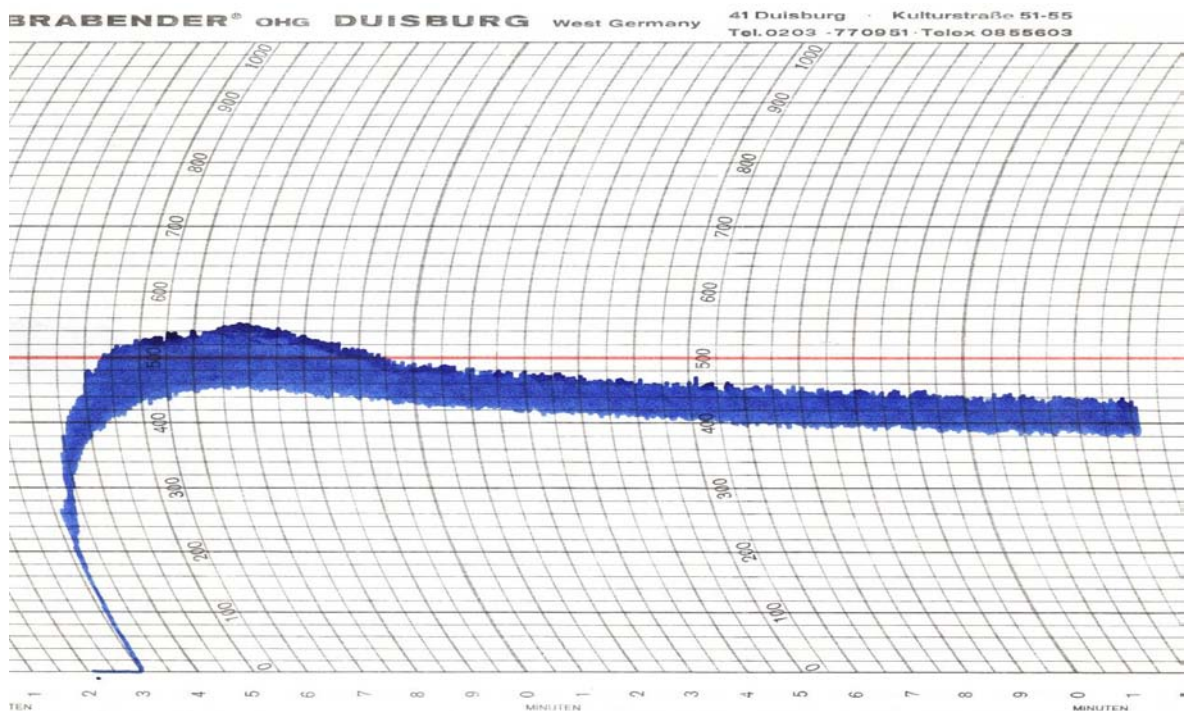
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 22. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Maíz Nacional (10%). Réplica 1



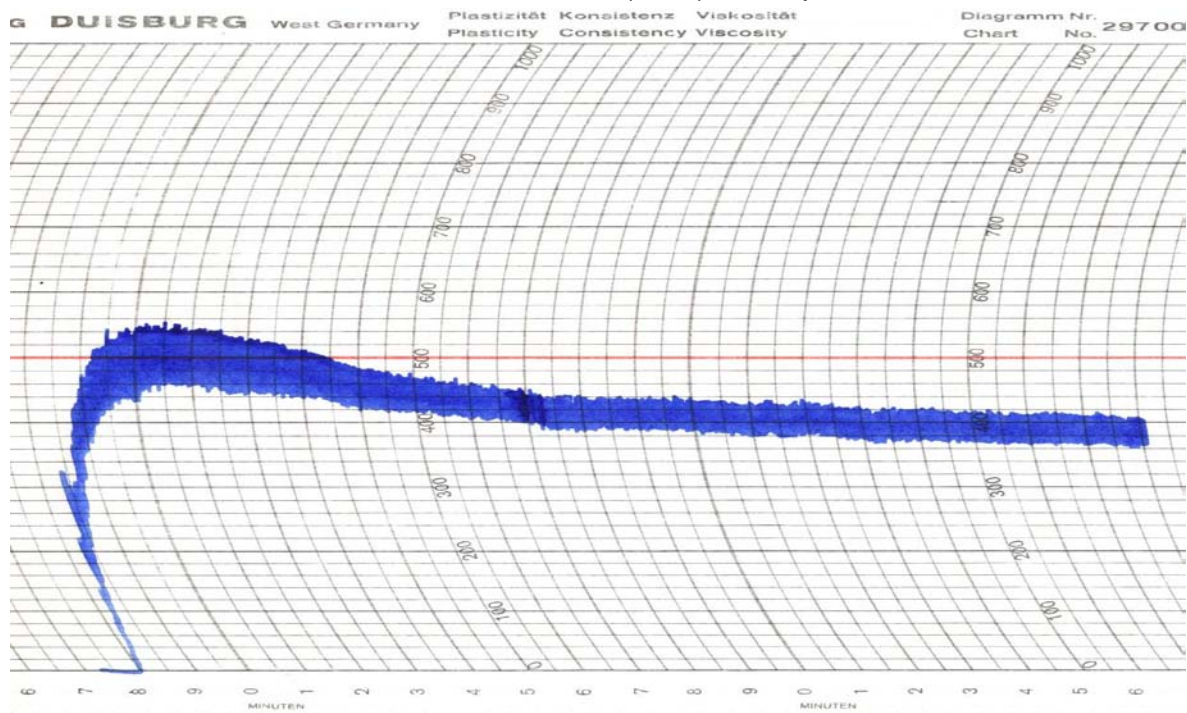
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 23. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Maíz Nacional (10%). Réplica 2



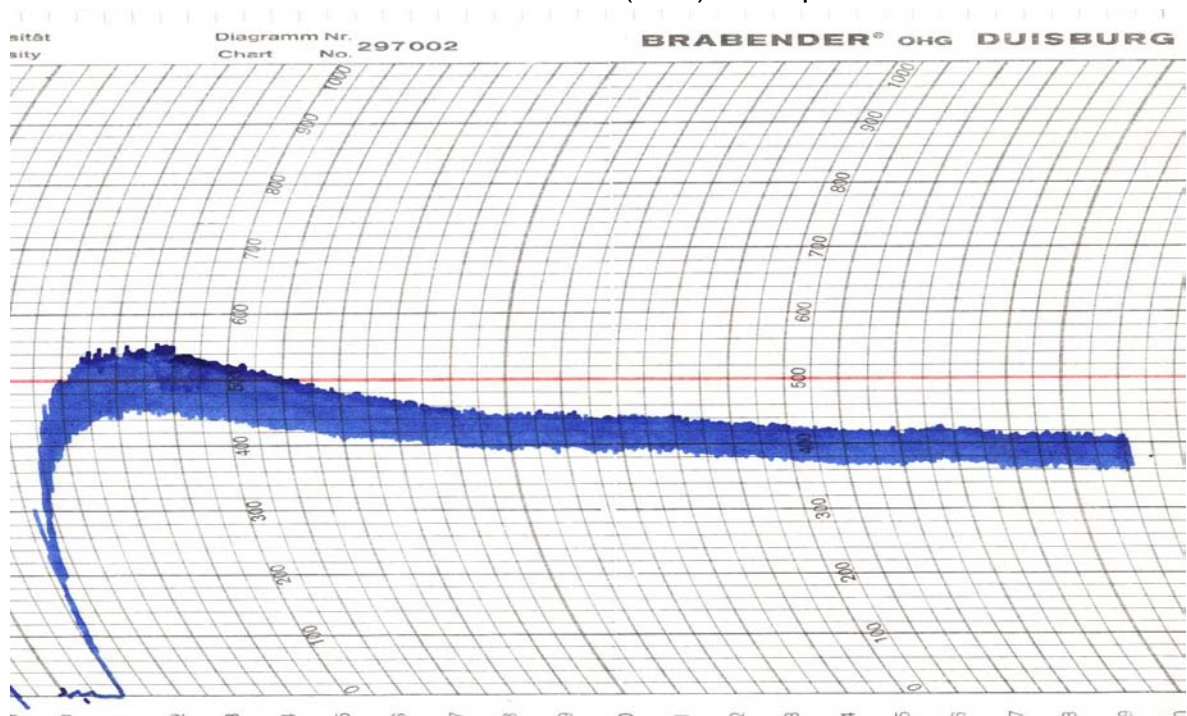
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 24. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%). Réplica 1



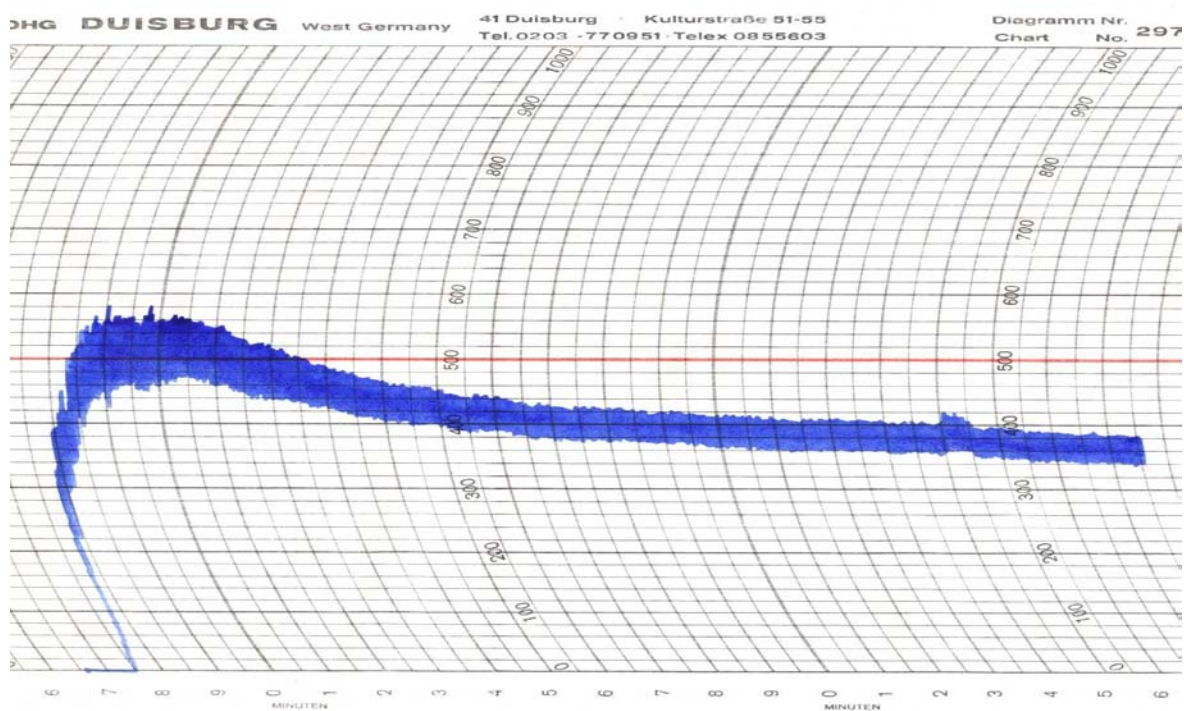
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 25. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%). Réplica 2



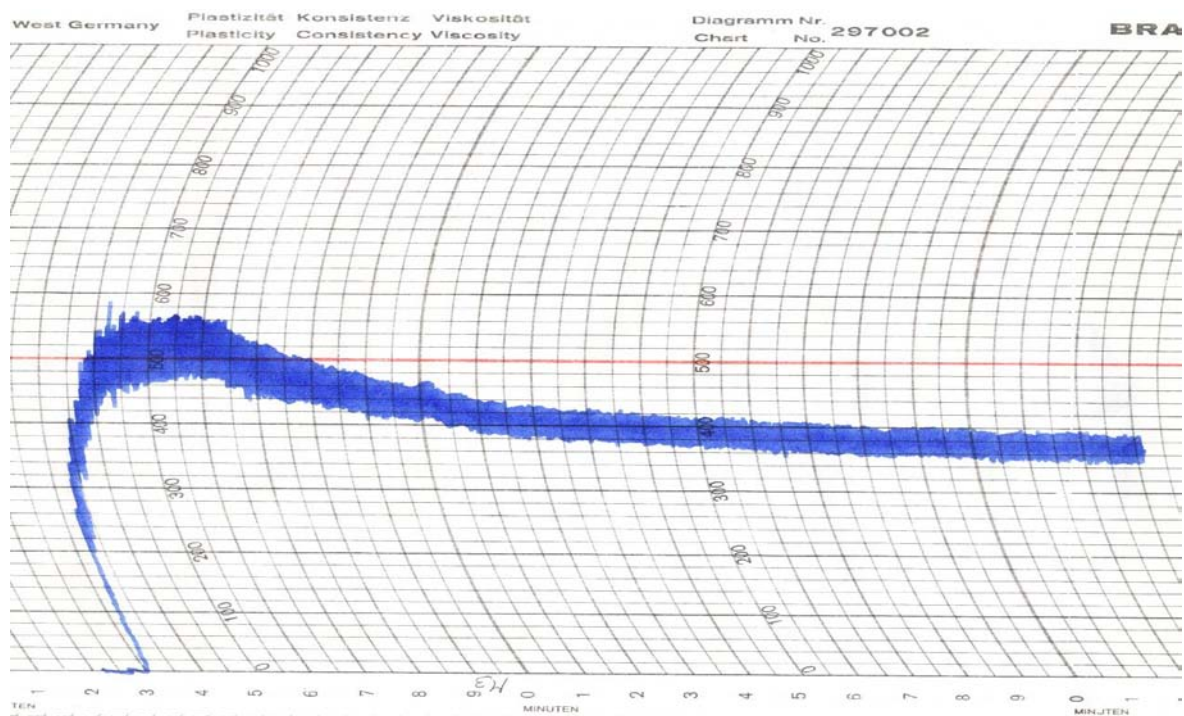
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 26. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Maíz Nacional (30%). Réplica 1



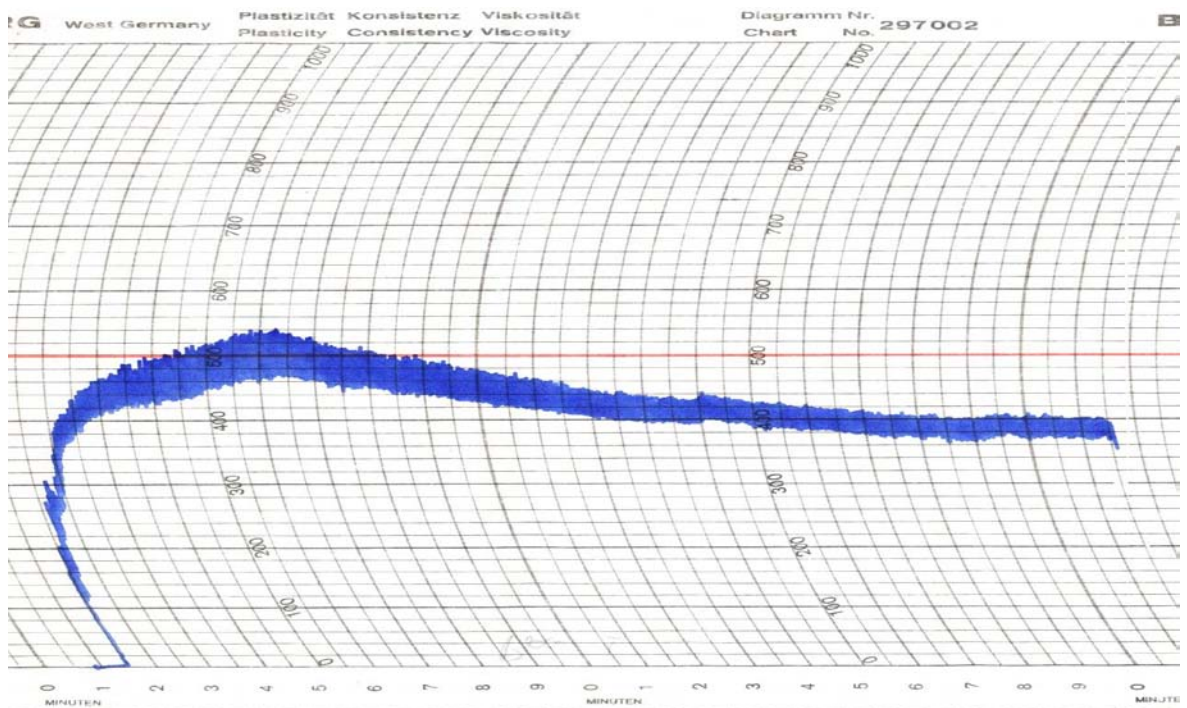
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 27. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Maíz Nacional (30%). Réplica 2



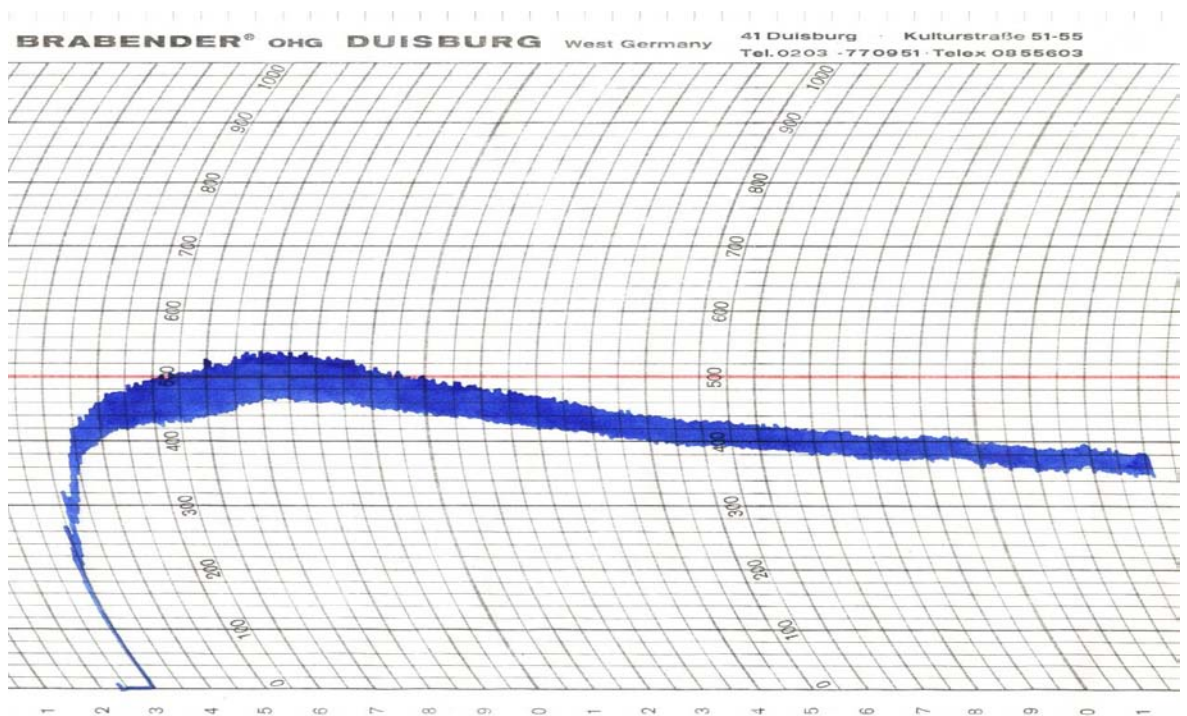
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 28. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Papa Nacional (10%). Réplica 1



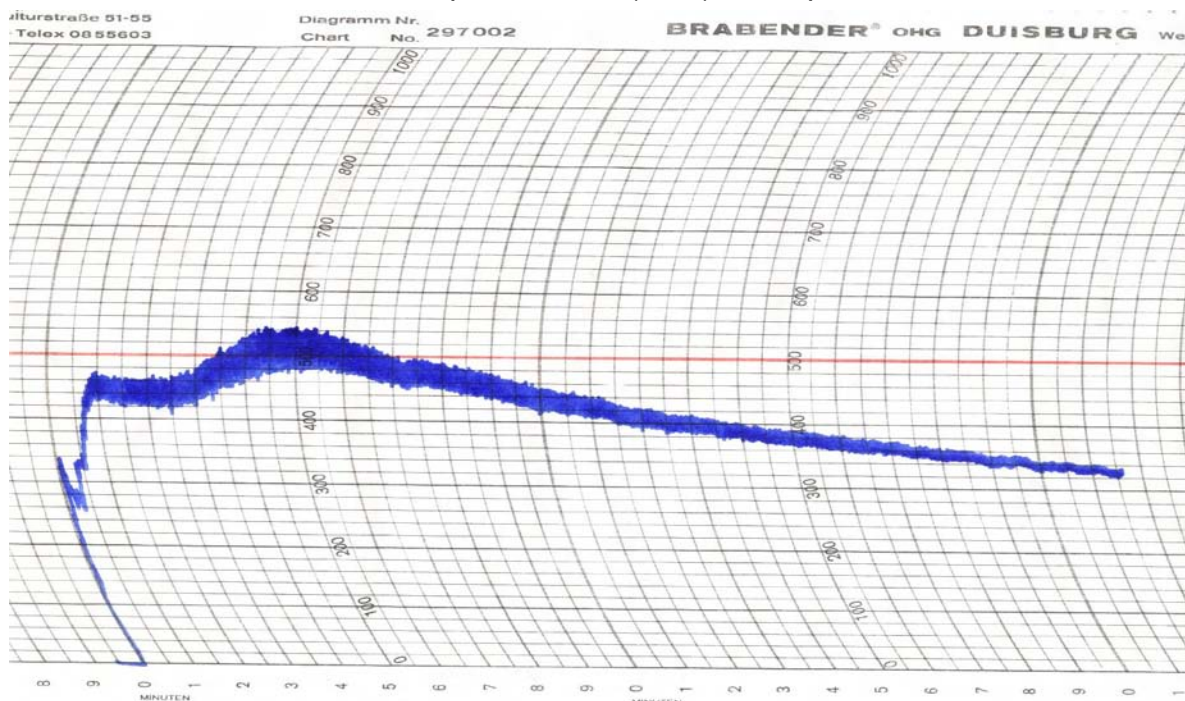
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 29. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Papa Nacional (10%). Réplica 2



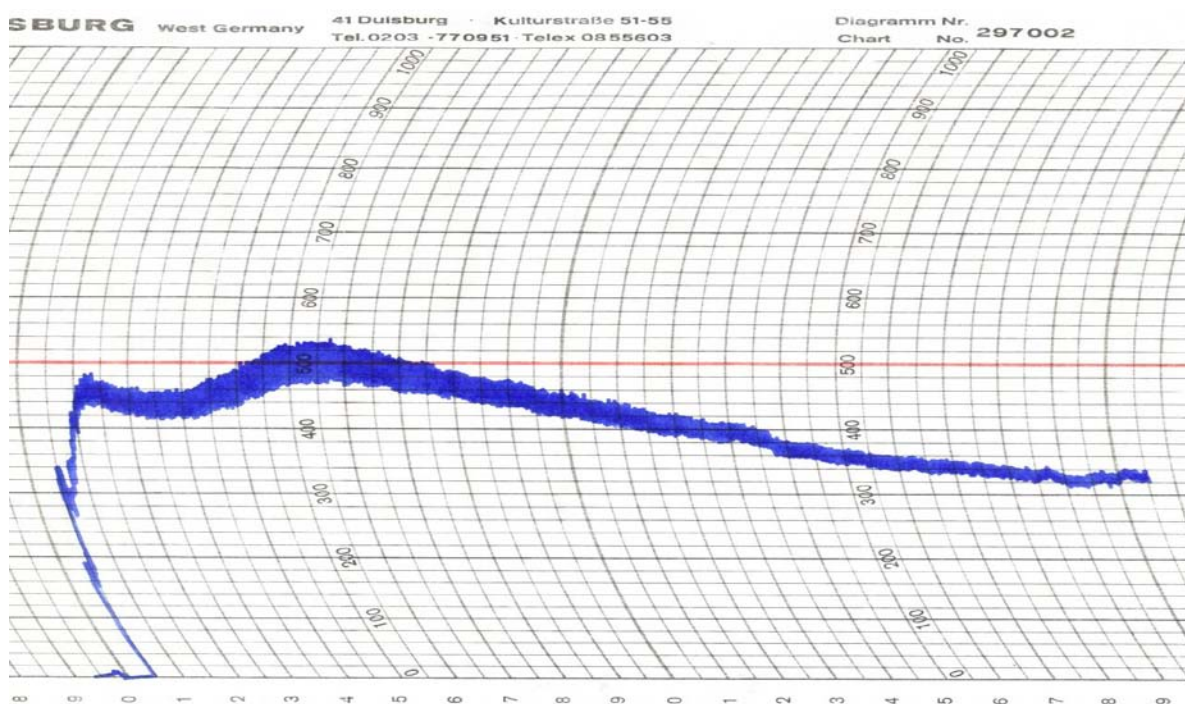
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 30. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%). Réplica 1



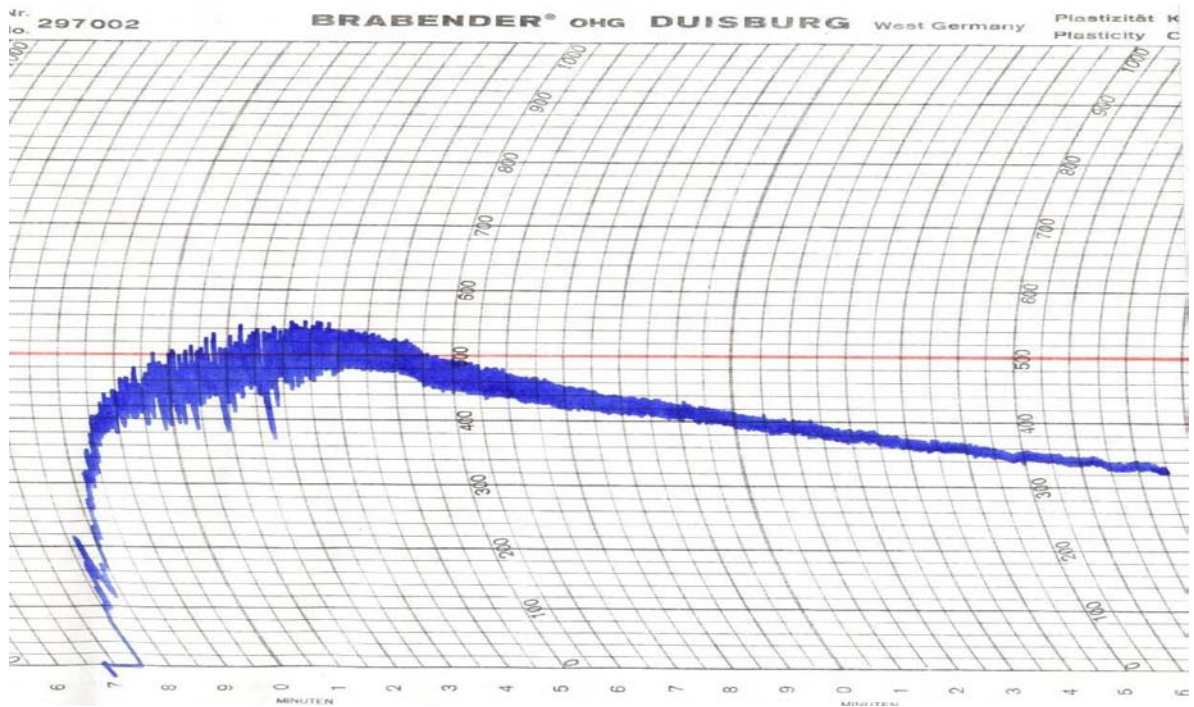
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 31. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%). Réplica 2



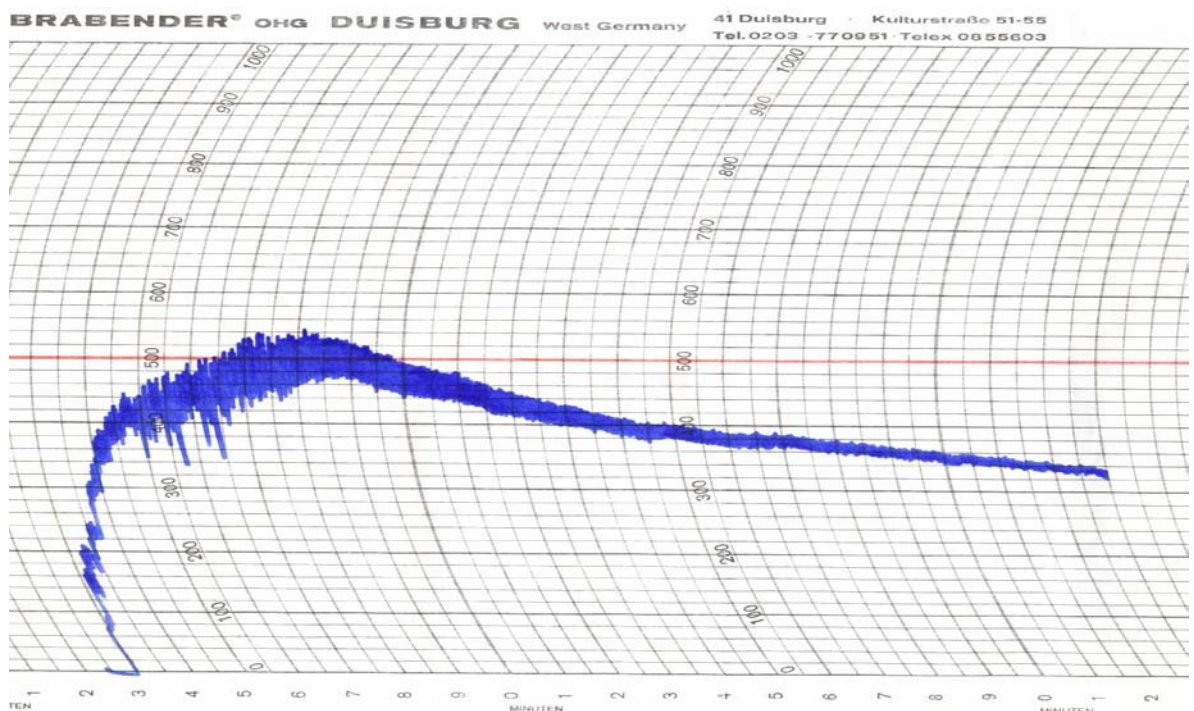
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 32. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Papa Nacional (30%). Réplica 1



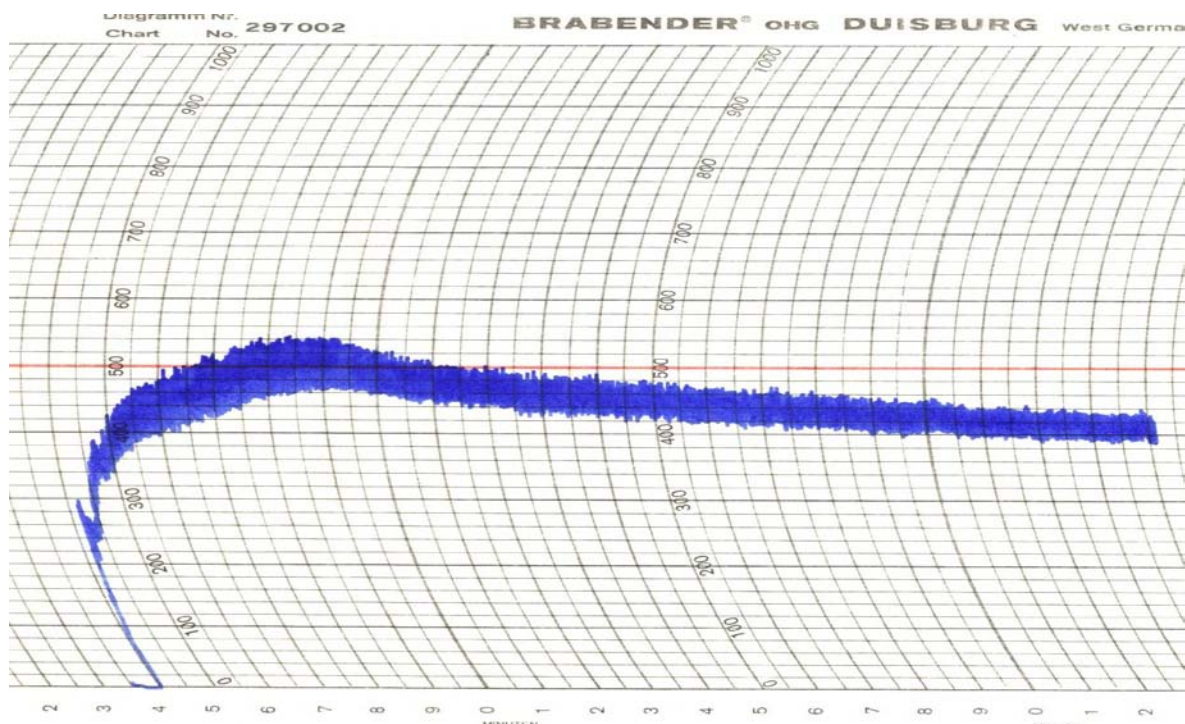
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 33. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Papa Nacional (30%). Réplica 2



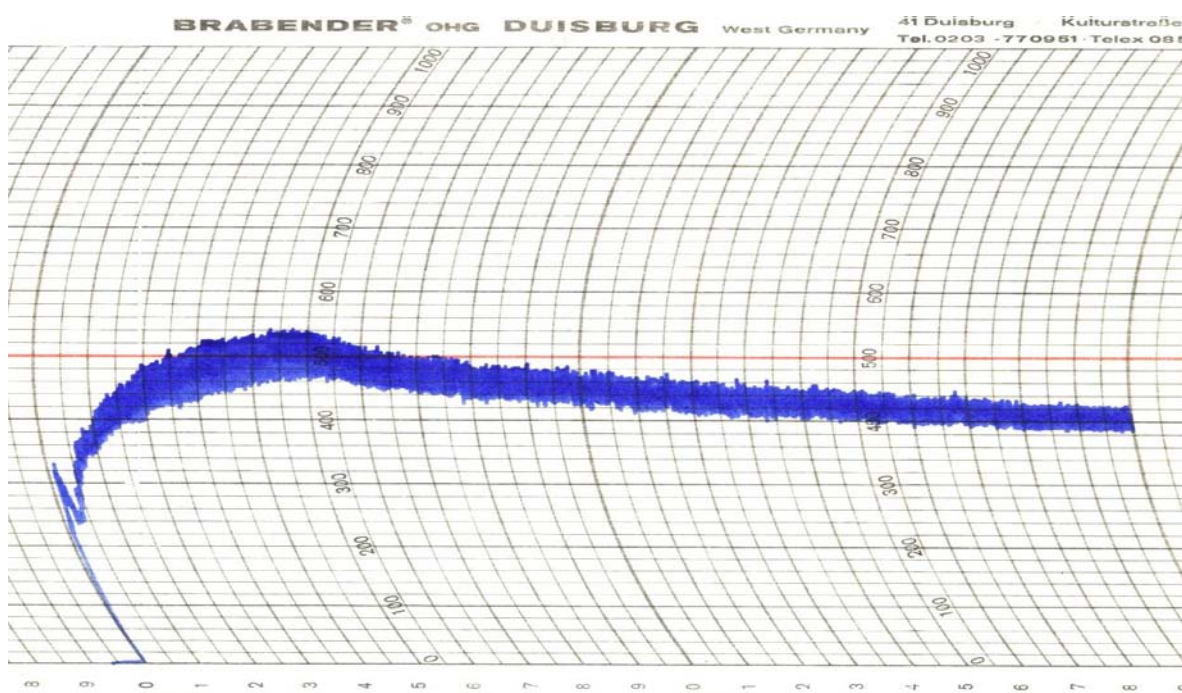
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 34. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Quinoa Nacional (10%). Réplica 1



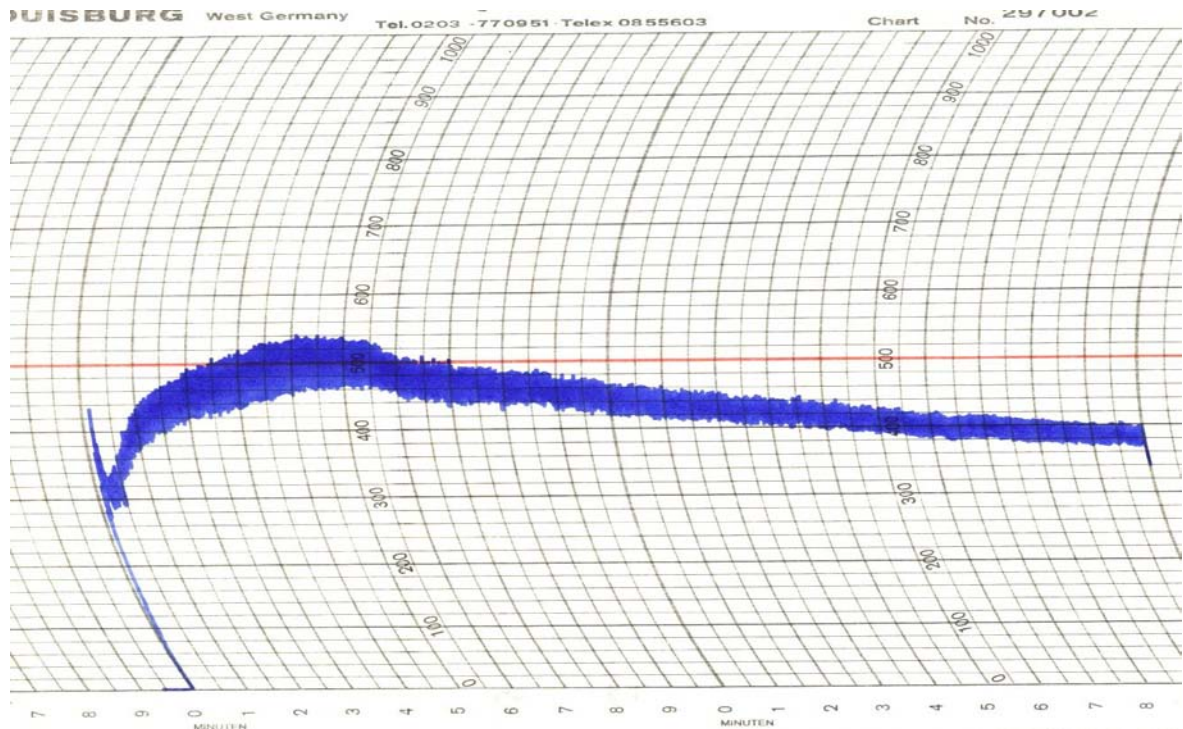
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 35. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Quinoa Nacional (10%). Réplica 2



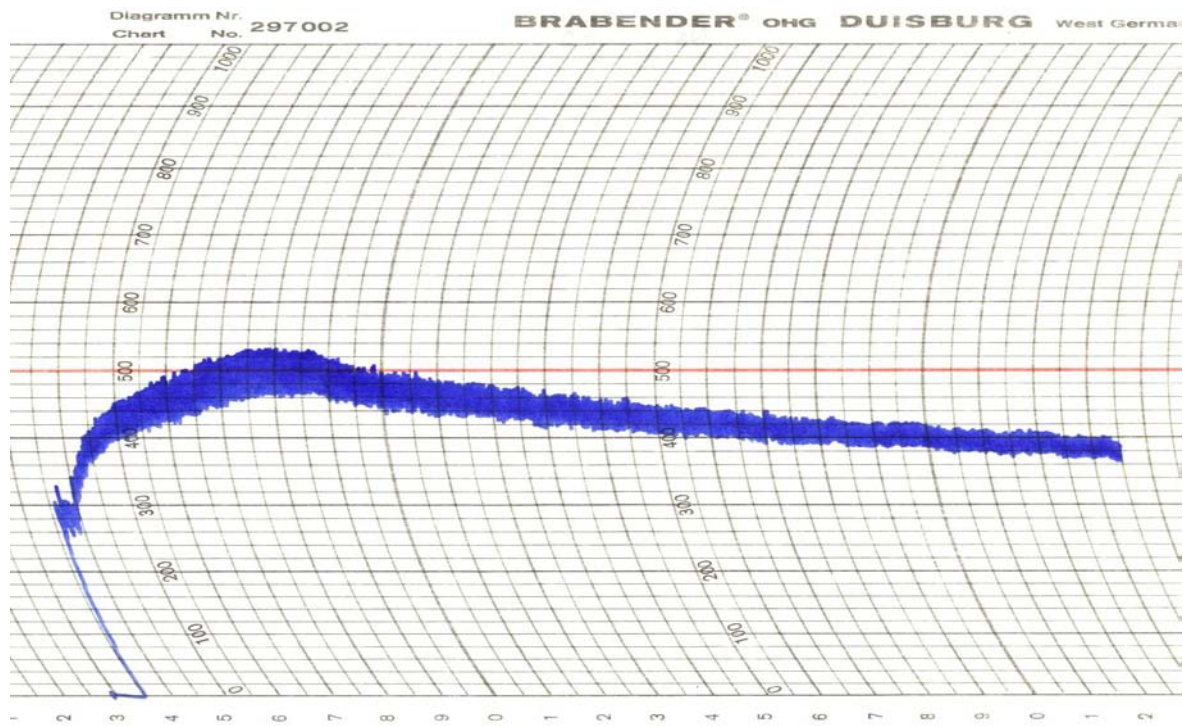
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 36. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%). Réplica 1



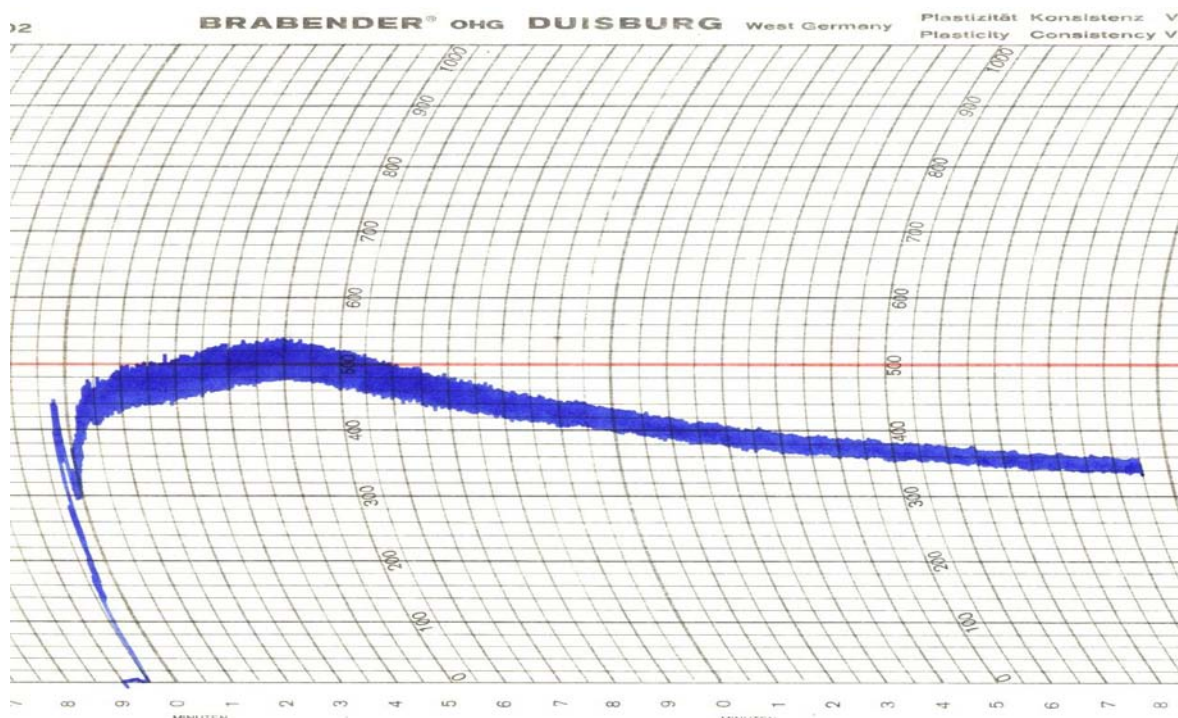
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 37. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%). Réplica 2



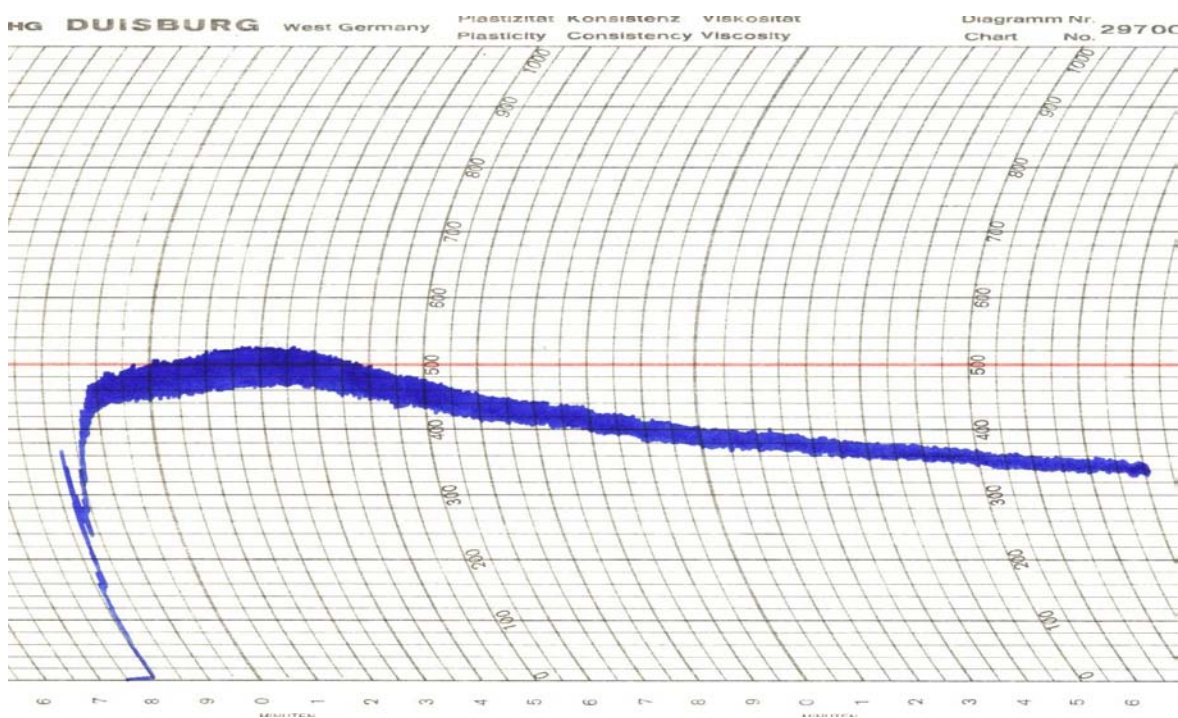
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 38. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Quinoa Nacional (30%). Réplica 1



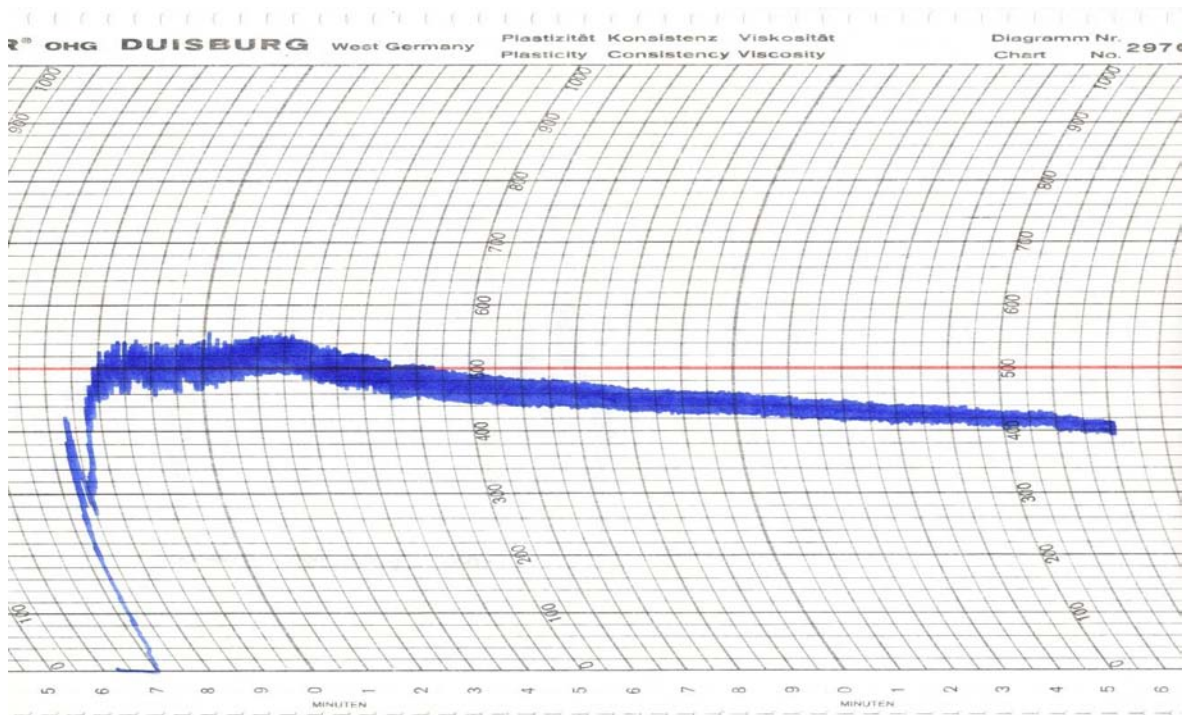
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 39. Farinograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Quinoa Nacional (30%). Réplica 2



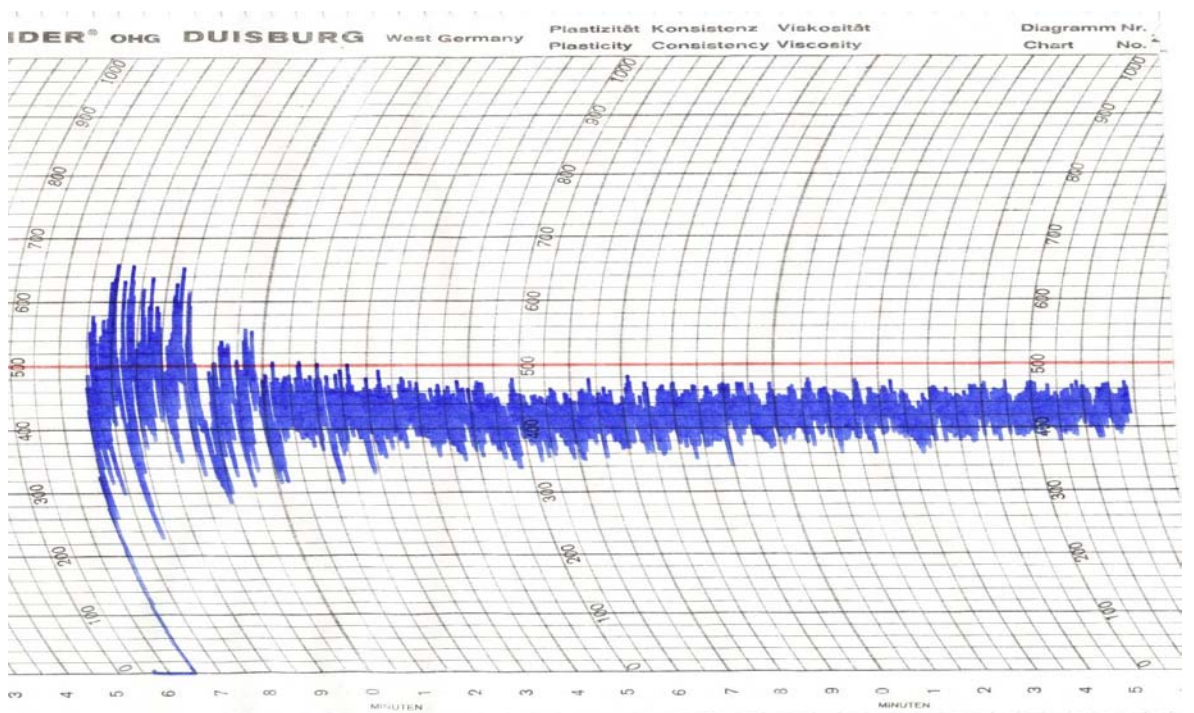
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 40. Farinograma: Harina de Trigo Nacional variedad Cojitambo.
Réplica 1



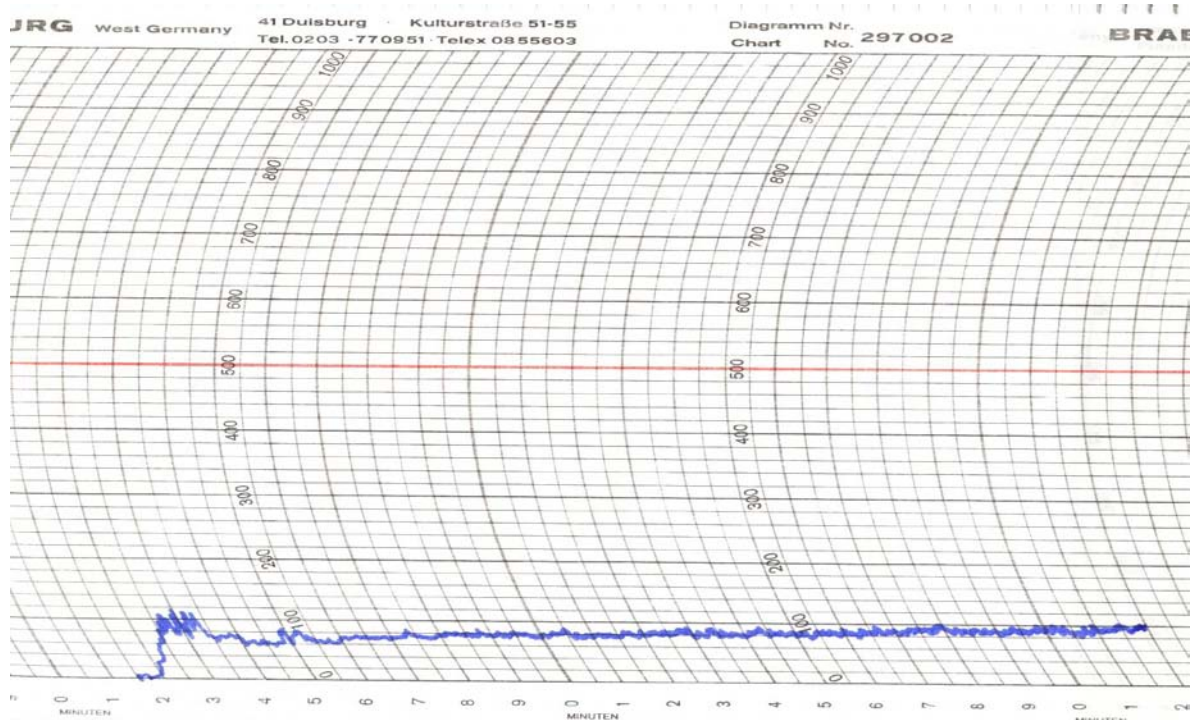
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 41. Farinograma: Harina de Cebada Nacional variedad Cañicapa.
Réplica 1



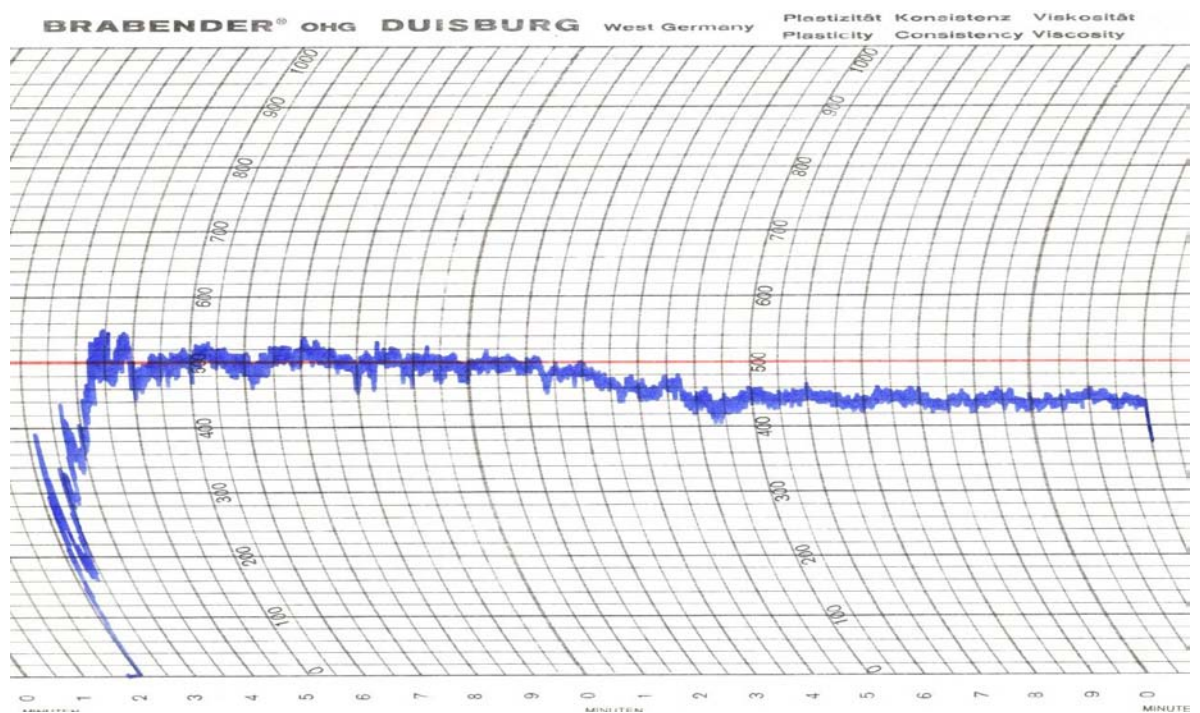
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

**FIGURA 42. Farinograma: Harina de Maíz Nacional variedad Iniap 122.
Réplica 1**



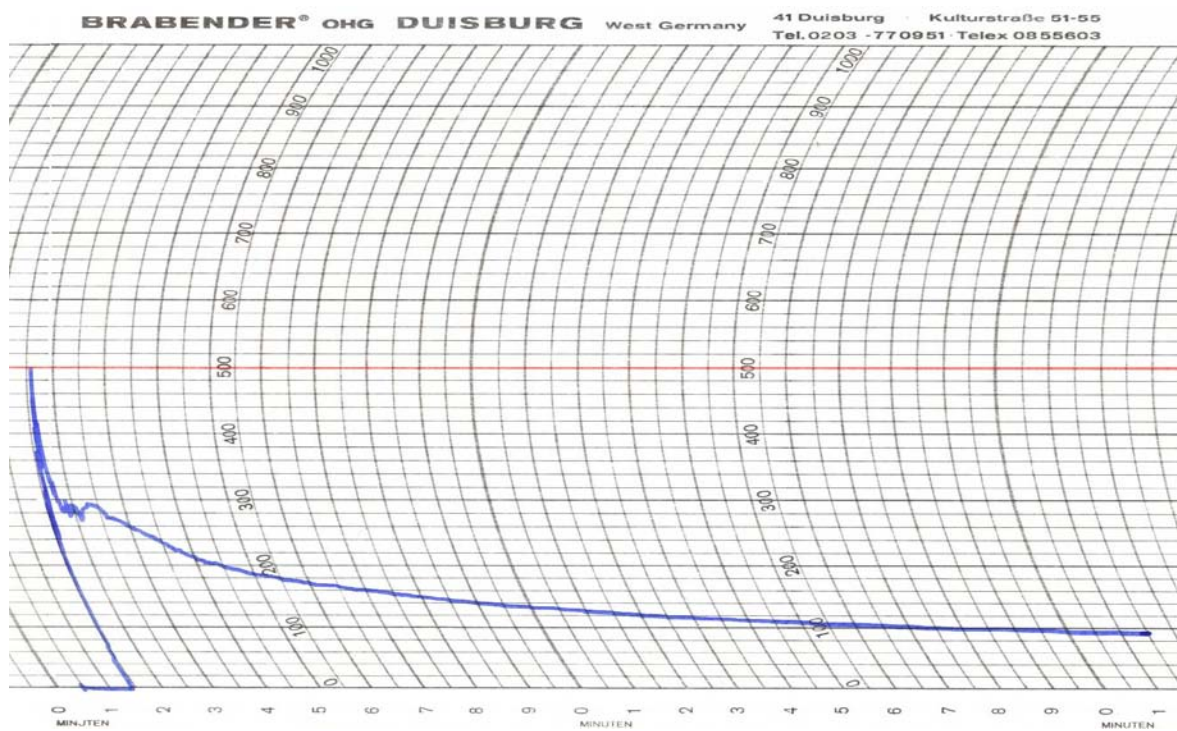
Fuente: Farinógrafo BRABENDER

**FIGURA 43. Farinograma: Harina de Papa Nacional variedad Gabriela.
Réplica 1**



Fuente: Farinógrafo BRABENDER

FIGURA 44. Farinograma: Harina de Quinua Nacional variedad Tuncahuán
Réplica 1

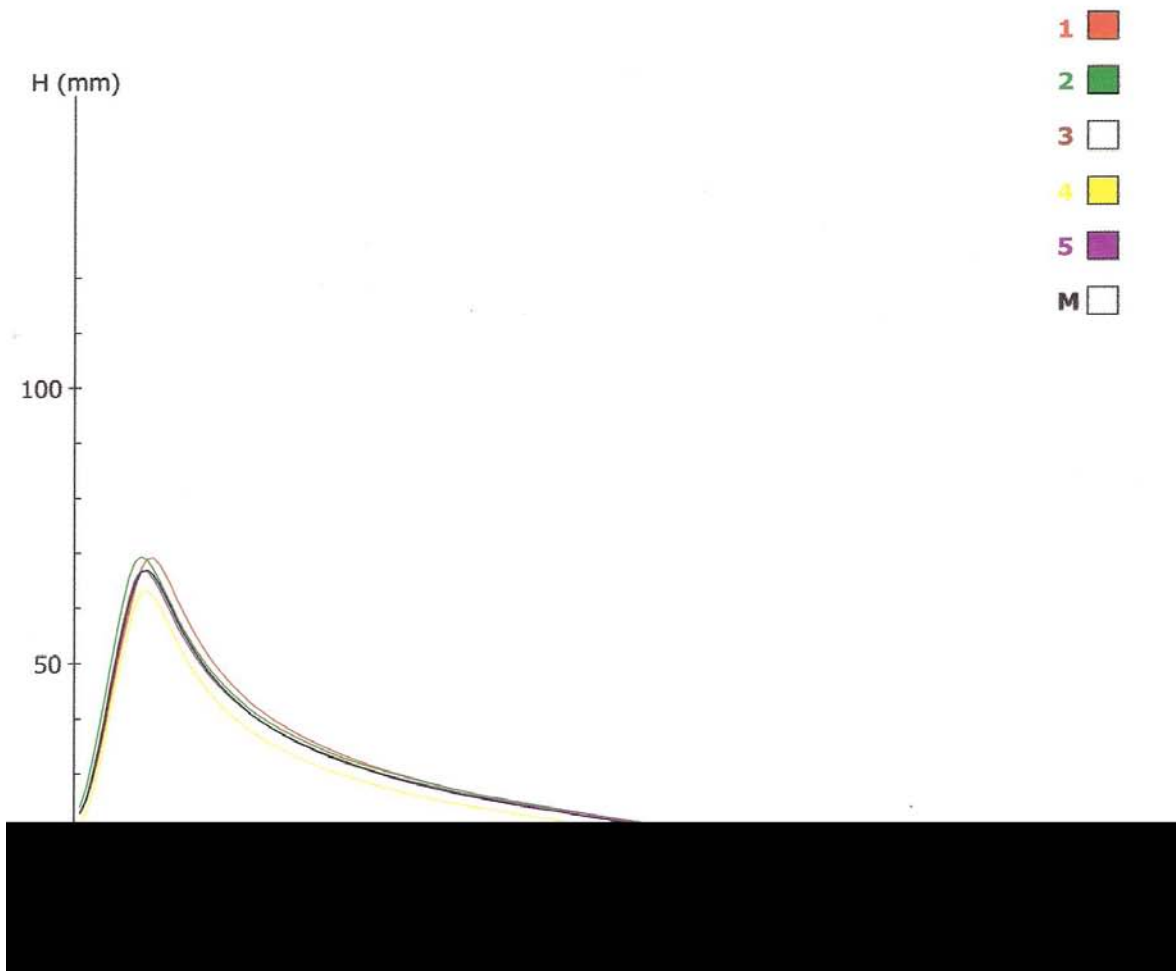


Fuente: Farinógrafo BRABENDER

ANEXO C-2: ALVEOGRAMAS

FIGURA 45. Alveograma: Harina Trigo Importado Canada Western Red Spring N°1

ALVEOLINK NG	ALVEO HC																																			
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE																																				
FECHA : 14/08/09 HORA : 12:31	REFERENCIA MUESTRA : T10 NOMBRE DE FICHERO : 08140300A109																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PARAMETROS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TEMP.LABO :</td> <td>HIGRO.LABO. :</td> </tr> <tr> <td>HARINA : 0</td> <td>MOLINO :</td> </tr> <tr> <td>HUMEDAD : 13,3 %</td> <td>I.CAIDA :</td> </tr> <tr> <td>PROTEINAS :</td> <td>ABSORCION :</td> </tr> <tr> <td>A.D. :</td> <td>EXTRAC. :</td> </tr> <tr> <td>ZELNY :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CENIZAS :</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GLUTEN :</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETROS		TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :	HARINA : 0	MOLINO :	HUMEDAD : 13,3 %	I.CAIDA :	PROTEINAS :	ABSORCION :	A.D. :	EXTRAC. :	ZELNY :		CENIZAS :		GLUTEN :		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">RESULTADOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P</td> <td>= 74 mmH2O</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>= 98 mm</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>= 22</td> </tr> <tr> <td>W</td> <td>= 216 10E-4J</td> </tr> <tr> <td>P/L</td> <td>= 0,76</td> </tr> <tr> <td>Ie</td> <td>= 49,9 %</td> </tr> <tr> <td>W (0)</td> <td>= 0 10E-4J</td> </tr> </tbody> </table>	RESULTADOS		P	= 74 mmH2O	L	= 98 mm	G	= 22	W	= 216 10E-4J	P/L	= 0,76	Ie	= 49,9 %	W (0)	= 0 10E-4J	
PARAMETROS																																				
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :																																			
HARINA : 0	MOLINO :																																			
HUMEDAD : 13,3 %	I.CAIDA :																																			
PROTEINAS :	ABSORCION :																																			
A.D. :	EXTRAC. :																																			
ZELNY :																																				
CENIZAS :																																				
GLUTEN :																																				
RESULTADOS																																				
P	= 74 mmH2O																																			
L	= 98 mm																																			
G	= 22																																			
W	= 216 10E-4J																																			
P/L	= 0,76																																			
Ie	= 49,9 %																																			
W (0)	= 0 10E-4J																																			
COMENTARIOS																																				
V:d2.8C																																				



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 46. Alveograma Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%)

ALVEOLINK NG

ALVEO HC



SOCIETE CHOPIN
20 AV MARCELIN BERTHELOT
Z.I DU VAL DE SEINE
92390 VILLENEUVE LA GARENNE

FECHA : 06/08/09
HORA : 16:56

REFERENCIA MUESTRA : T3
NOMBRE DE FICHERO : 08060302A109

PARAMETROS

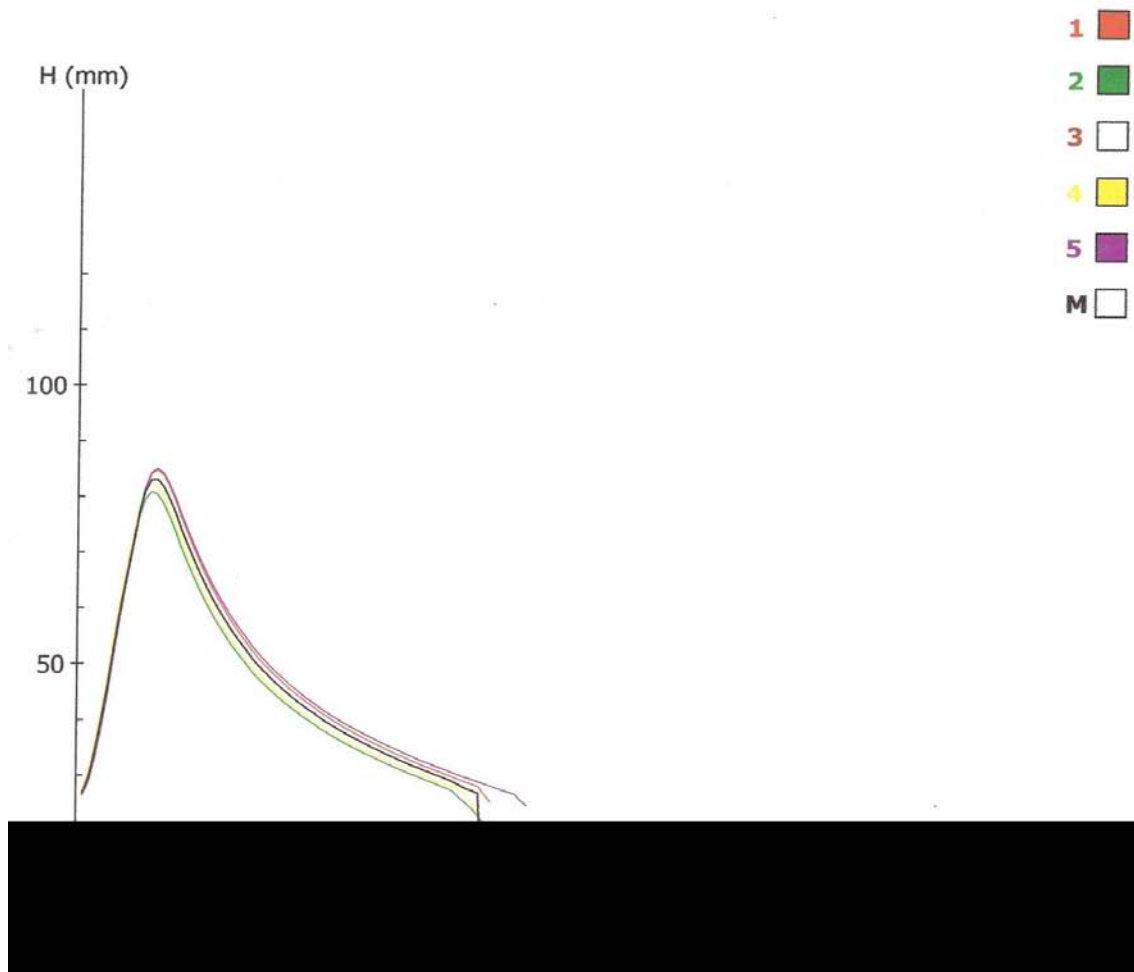
TEMP.LABO	:		HIGRO.LABO.	:	
HARINA	:	70	MOLINO	:	
HUMEDAD	:	13,15 %			
PROTEINAS	:		I.CAIDA	:	
A.D.	:		ABSORCION	:	
ZELENY	:				
CENIZAS	:		EXTRAC.	:	
GLUTEN	:				

RESULTADOS

P	=	91 mmH2O
L	=	65 mm
G	=	17,9
W	=	201 10E-4J
P/L	=	1,4
Ie	=	48 %
W (0)	=	0 10E-4J

COMENTARIOS

V:d2.8C

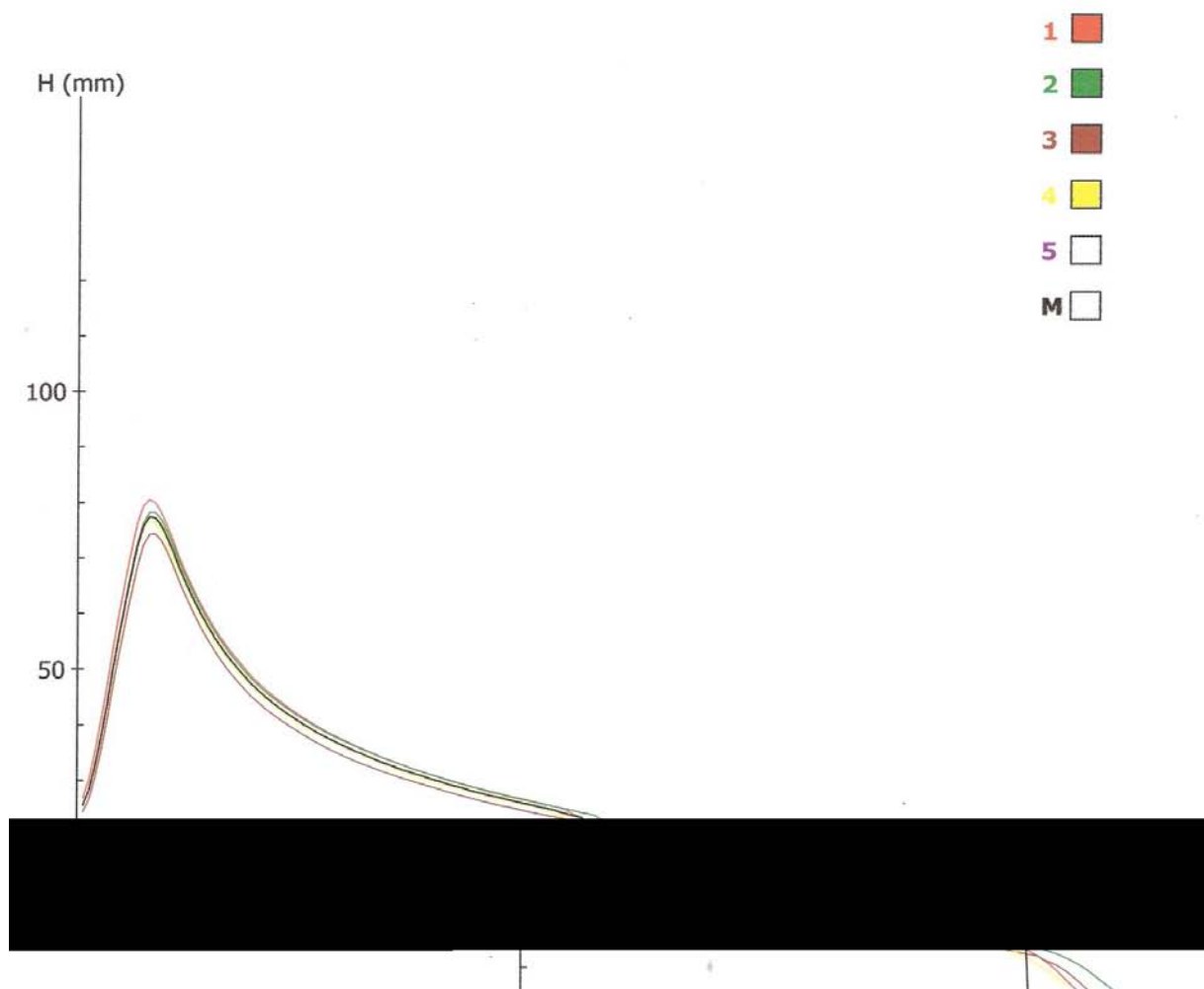


Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 47. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC		CHOPIN TECNOLOGÍAS	
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE					
FECHA	: 07/08/09	REFERENCIA MUESTRA	: C1		
HORA	: 10:17	NOMBRE DE FICHERO	: 08070300A109		
PARAMETROS			RESULTADOS		
TEMP.LABO	:	HIGRO.LABO.	:	P	= 85 mmH2O
HARINA	: 90	MOLINO	:	L	= 83 mm
HUMEDAD	: 13,1 %			G	= 20,3
PROTEINAS	:	I.CAIDA	:	W	= 223 10E-4J
A.D.	:	ABSORCION	:	P/L	= 1,02
ZELNY	:	EXTRAC.	:	Ie	= 49,5 %
CENIZAS	:			W (0)	= 52,7597427368164 10E-4J
GLUTEN	:				
COMENTARIOS					

V:d2.8C

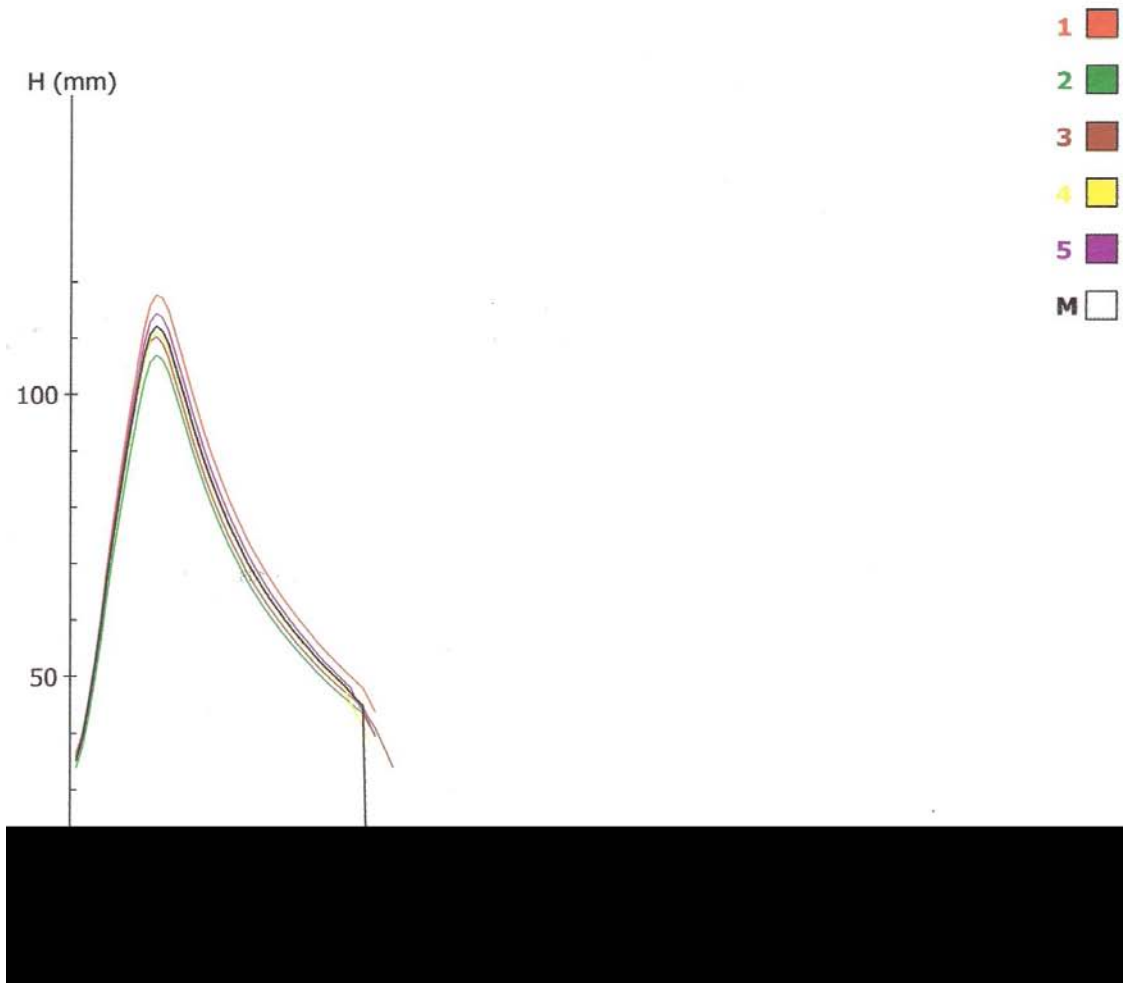


Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 48. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC	
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE			
FECHA : 11/08/09	REFERENCIA MUESTRA : C2		
HORA : 10:29	NOMBRE DE FICHERO : 08110301A109		
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO : :	HIGRO.LABO. : :	P = 123 mmH2O	
HARINA : 80	MOLINO : :	L = 47 mm	
HUMEDAD : 13,35 %		G = 15,3	
PROTEINAS : :	I.CAIDA : :	W = 222 10E-4J	
A.D. : :	ABSORCION : :	P/L = 2,62	
ZELNY : :		Ie = 47 %	
CENIZAS : :	EXTRAC. : :	W (0) = 0 10E-4J	
GLUTEN : :			
COMENTARIOS			

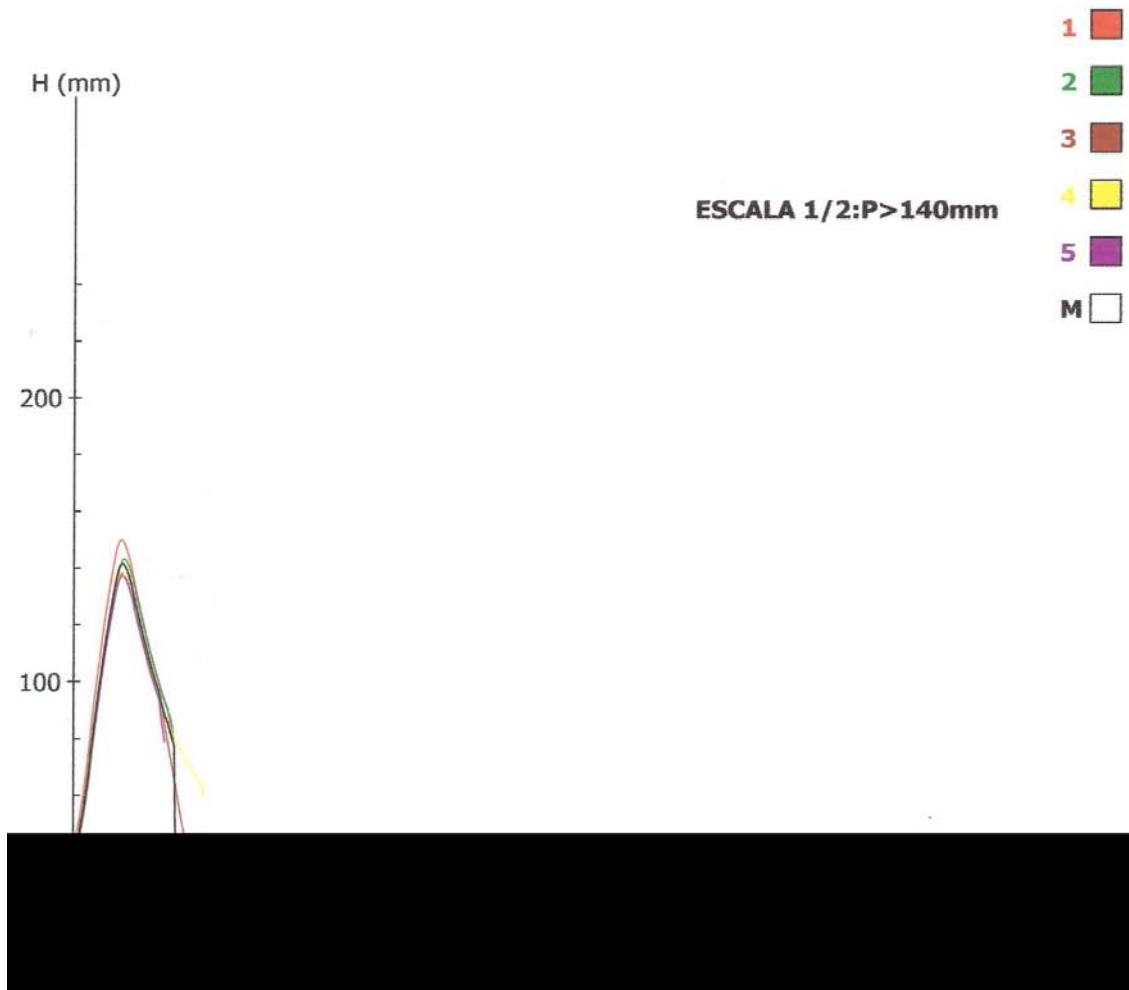
V:d2.8C



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 49. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC		CHOPIN TECHNOLOGIES	
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE					
FECHA	: 26/08/09	REFERENCIA MUESTRA	: C3		
HORA	: 10:31	NOMBRE DE FICHERO	: 08260300A109		
PARAMETROS			RESULTADOS		
TEMP.LABO	:	HIGRO.LABO.	:	P	= 156 mmH2O
HARINA	: 70	MOLINO	:	L	= 32 mm
HUMEDAD	: 13,5 %			G	= 12,6
PROTEINAS	:	I.CAIDA	:	W	= 215 10E-4J
A.D.	:	ABSORCION	:	P/L	= 4,88
ZELENY	:	EXTRAC.	:	Ie	= 0 %
CENIZAS	:			W (0)	= 0 10E-4J
GLUTEN	:				
COMENTARIOS					
V:d2.8C					

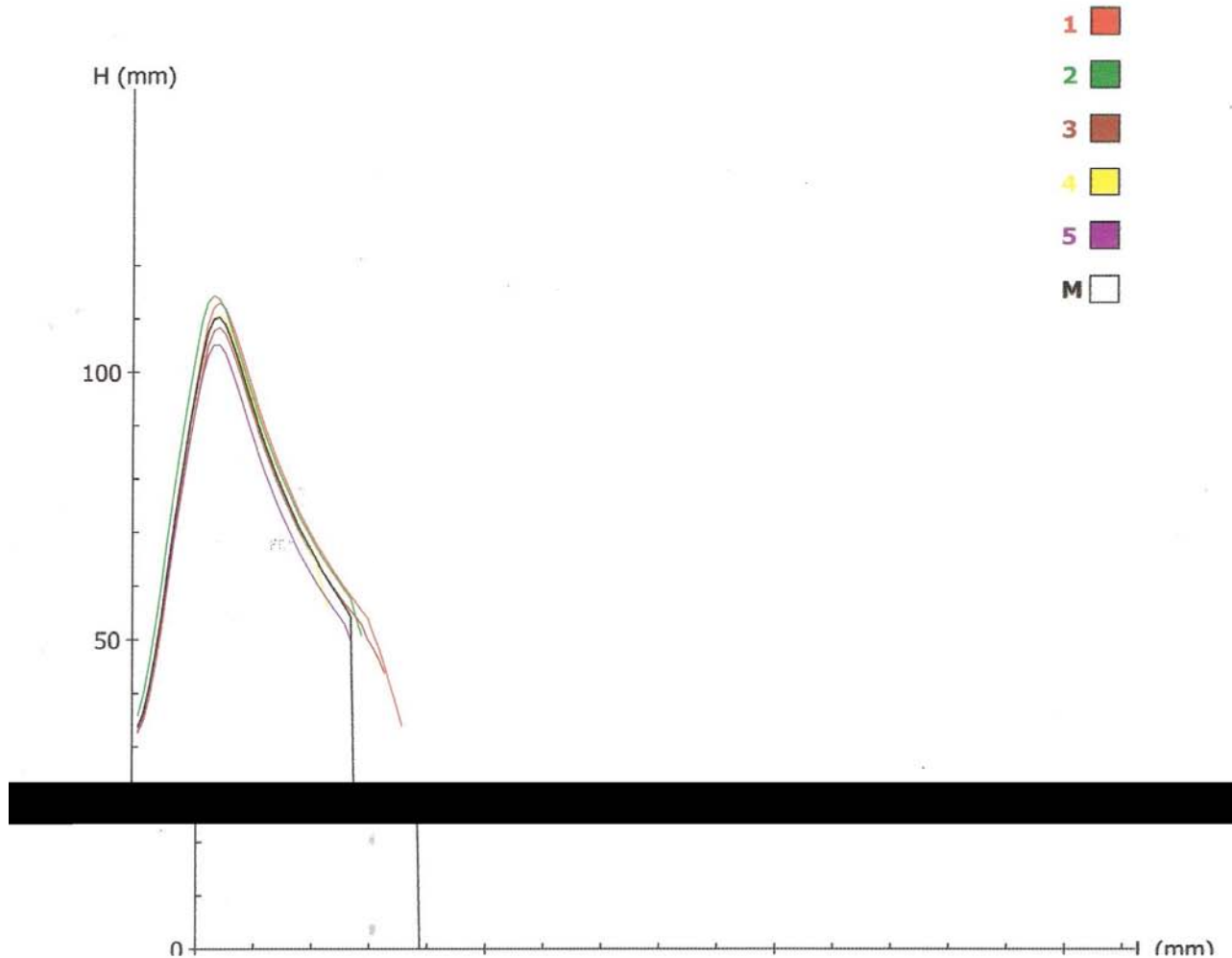


Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 50. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC		CHOPIN TECNOLOGÍAS	
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE					
FECHA	: 26/08/09	REFERENCIA MUESTRA	: Q2		
HORA	: 11:27	NOMBRE DE FICHERO	: 08260301A109		
PARAMETROS			RESULTADOS		
TEMP.LABO	:	HIGRO.LABO.	P	=	121 mmH2O
HARINA	: 80	MOLINO	L	=	37 mm
HUMEDAD	: 13,05 %	I.CAIDA	G	=	13,5
PROTEINAS	:	ABSORCION	W	=	186 10E-4J
A.D.	:	EXTRAC.	P/L	=	3,27
ZELNY	:		Ie	=	0 %
CENIZAS	:		W (0)	=	0 10E-4J
GLUTEN	:				
COMENTARIOS					

V:d2.8C

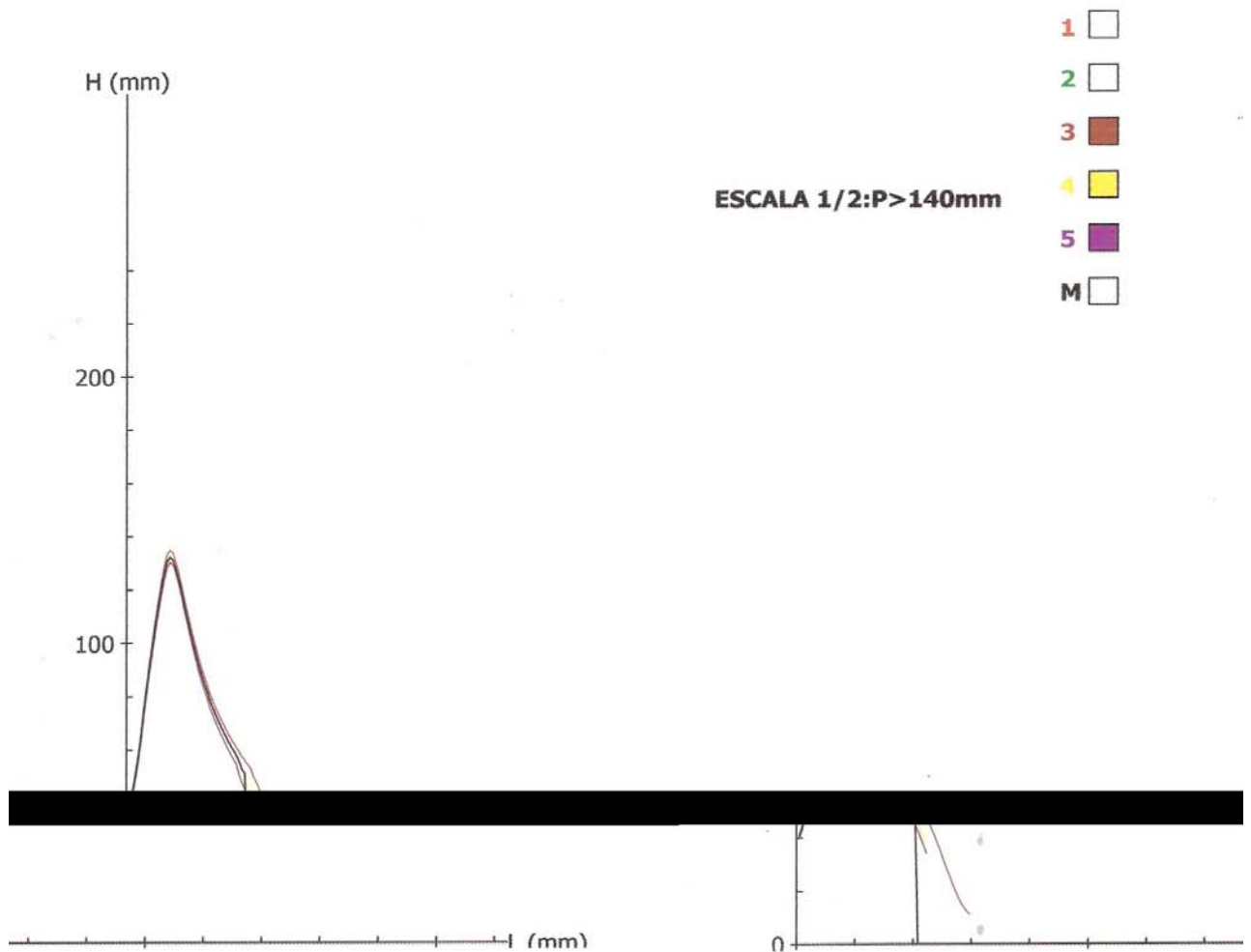


Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 51. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN <small>TECNOLOGÍAS</small>
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE			
FECHA : 07/08/09	REFERENCIA MUESTRA : P2		
HORA : 14:40	NOMBRE DE FICHERO : 08070304A109		
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :	P = 145 mmH2O	
HARINA : 80	MOLINO :	L = 40 mm	
HUMEDAD : 12,65 %		G = 14,1	
PROTEINAS :	I.CAIDA :	W = 227 10E-4J	
A.D. :	ABSORCION :	P/L = 3,63	
ZELANY :		Ie = 38,7 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	W (0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS			

V:d2.8C

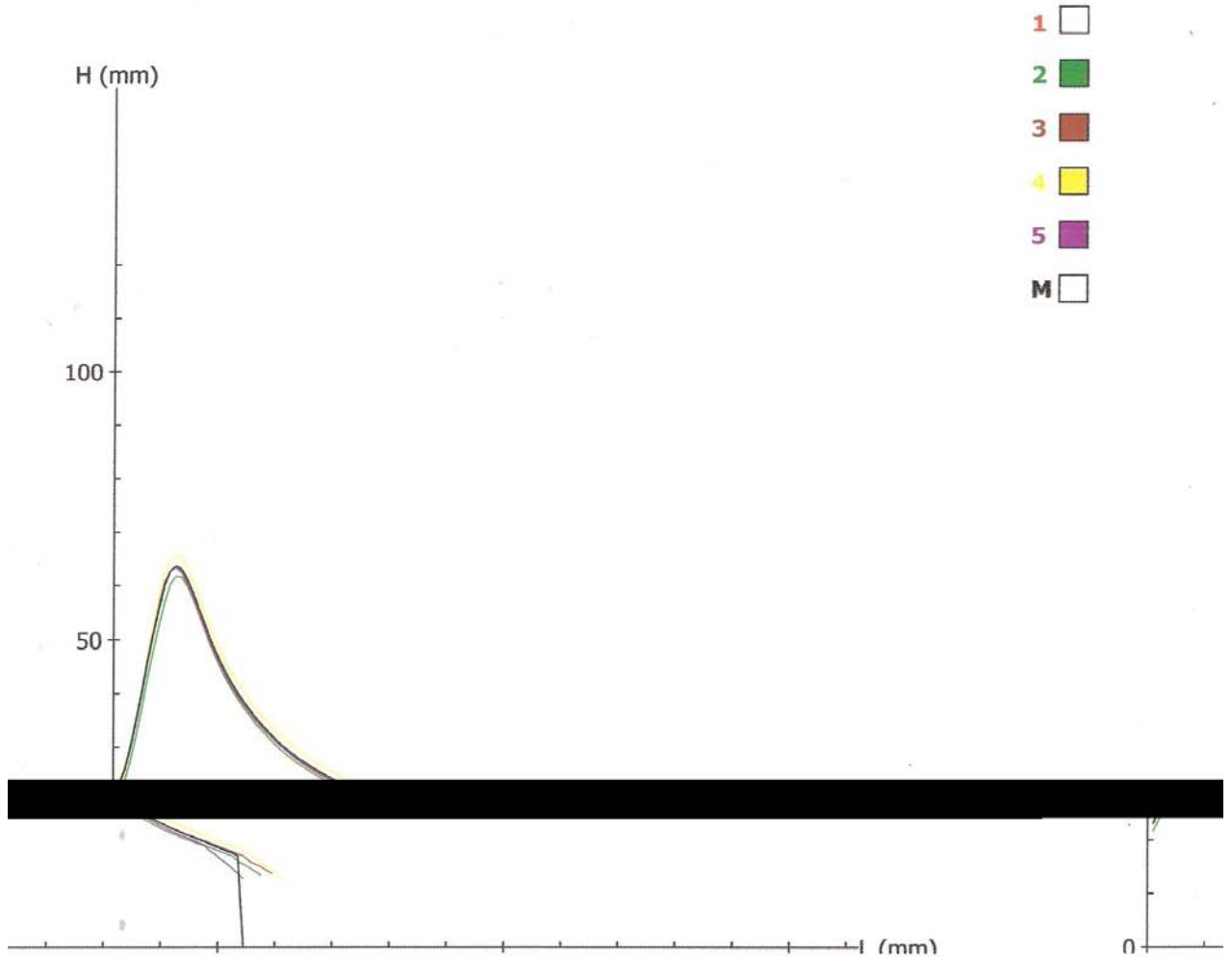


Fuente: Alveógrafo CHOPIN

FIGURA 52. Alveograma: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%)

ALVEOLINK NG		ALVEO HC	CHOPIN TECNOLOGIA
SOCIETE CHOPIN 20 AV MARCELIN BERTHELOT Z.I DU VAL DE SEINE 92390 VILLENEUVE LA GARENNE			
FECHA : 17/08/09	REFERENCIA MUESTRA : M2		
HORA : 13:59	NOMBRE DE FICHERO : 08170300A109		
PARAMETROS		RESULTADOS	
TEMP.LABO :	HIGRO.LABO. :	P = 70 mmH2O	
HARINA : 80	MOLINO :	L = 53 mm	
HUMEDAD : 12,45 %		G = 16,2	
PROTEINAS :	I.CAIDA :	W = 120 10E-4J	
A.D. :	ABSORCION :	P/L = 1,32	
ZELENY :		Ie = 36 %	
CENIZAS :	EXTRAC. :	W (0) = 0 10E-4J	
GLUTEN :			
COMENTARIOS			

V:d2.8C



Fuente: Alveógrafo CHOPIN

ANEXO C-3: FIGURAS DEL MIXOLAB SYSTEM

En los siguientes análisis realizados en el Mixolab CHOPIN, el índice de la masa se compone a partir del valor de cada parámetro del profiler: la primera cifra del índice corresponde a la absorción, la segunda a amasado, la tercera a gluten+, la cuarta a viscosidad, la quinta a amilasas y la última a la retrogradación.

FIGURA 53. Mixolab: Harina Trigo Importado Canada Western Red Spring #1
UTA-trigo importado

Fecha: 14/08/2009 Hora: 09:48

Muestra:

Hidratación: 60,5 % base 14%

Contenido en 13,3%

índice: 7-36-677

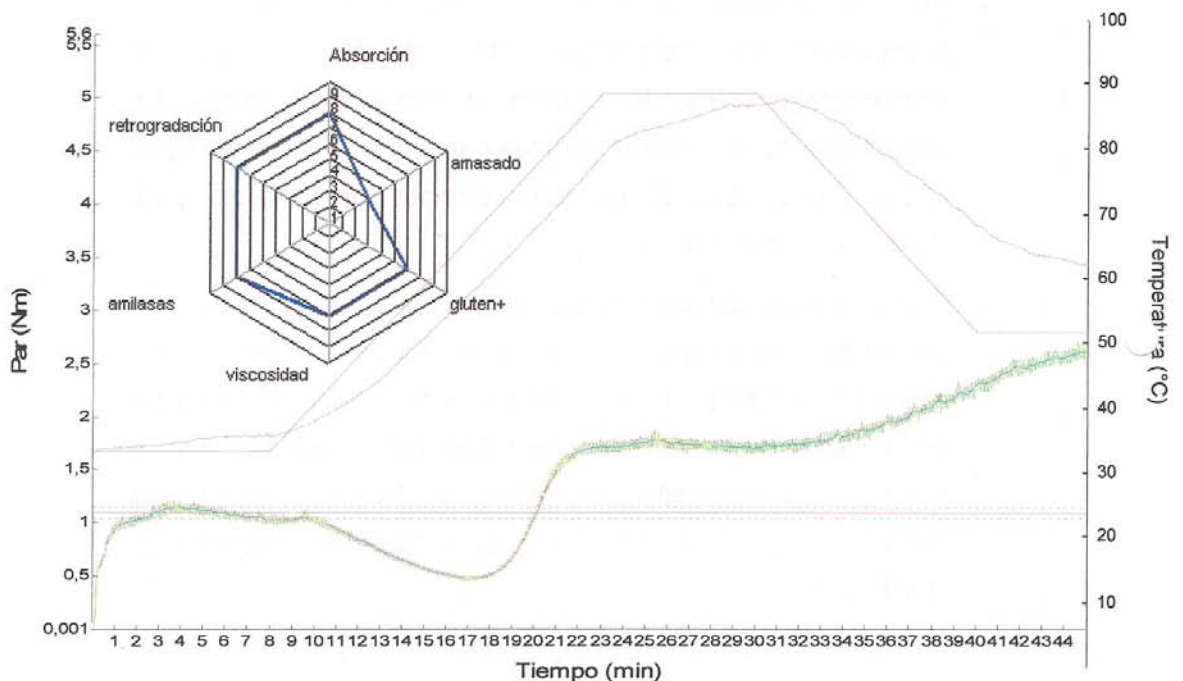
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,83	1,15	31,4	0,07	9,30
C2	17,07	0,48	56,6		
C3	25,57	1,80	84,4		
C4	29,83	1,71	88,1		
C5	45,05	2,63	61,5		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 54. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Trigo Nacional (30%)

MIXOLAB

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



UTA-T3 70 IMP 30 NAC

Fecha: 16/06/2009 Hora: 16:38

Muestra:

Hidratación: 60,9 % base 14% (b14)

Contenido en agua 13,4 %

índice: 7-36-576

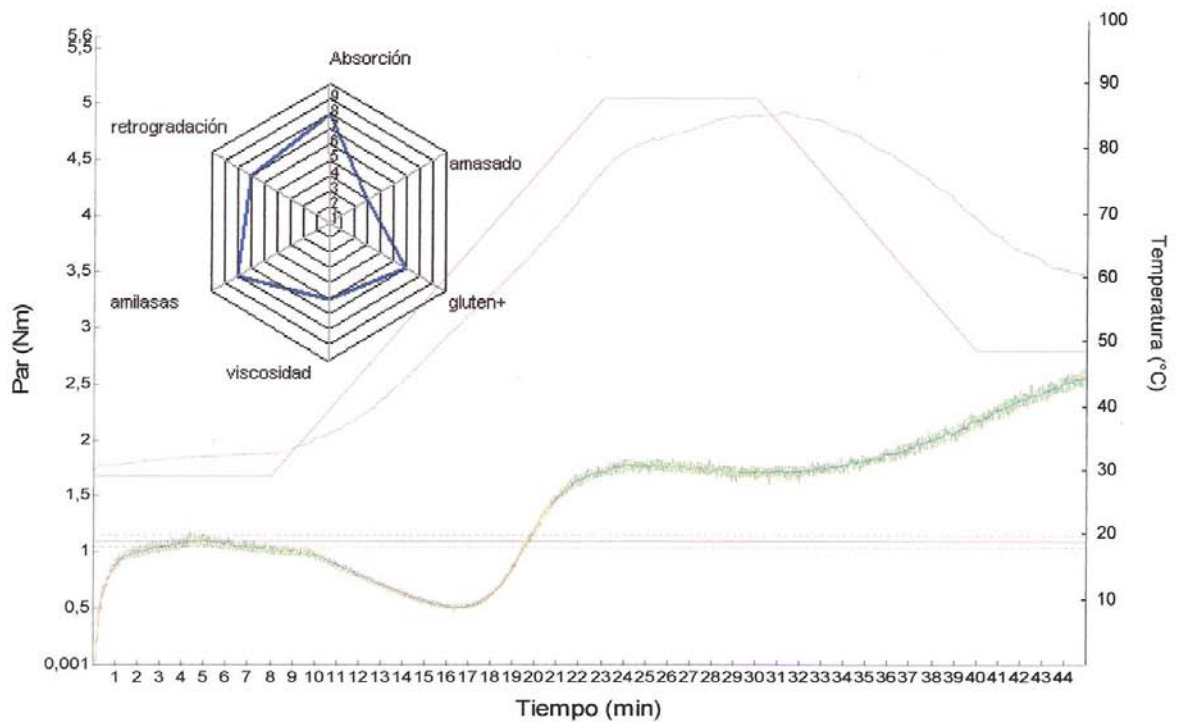
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,90	1,11	33,1	0,07	9,03
C2	16,40	0,51	53,4		
C3	24,28	1,79	82,2		
C4	30,15	1,71	87,3		
C5	45,05	2,58	62,0		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 55. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (90%) con Harina de Cebada Nacional (10%)

MIXOLAB

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



UTA-C1 90 IMP 10 CEBAD

Fecha: 26/06/2009 Hora: 09:26

Muestra:

Hidratación: 61,8 % base 14%

Contenido en 13,3%

índice: 8-47-676

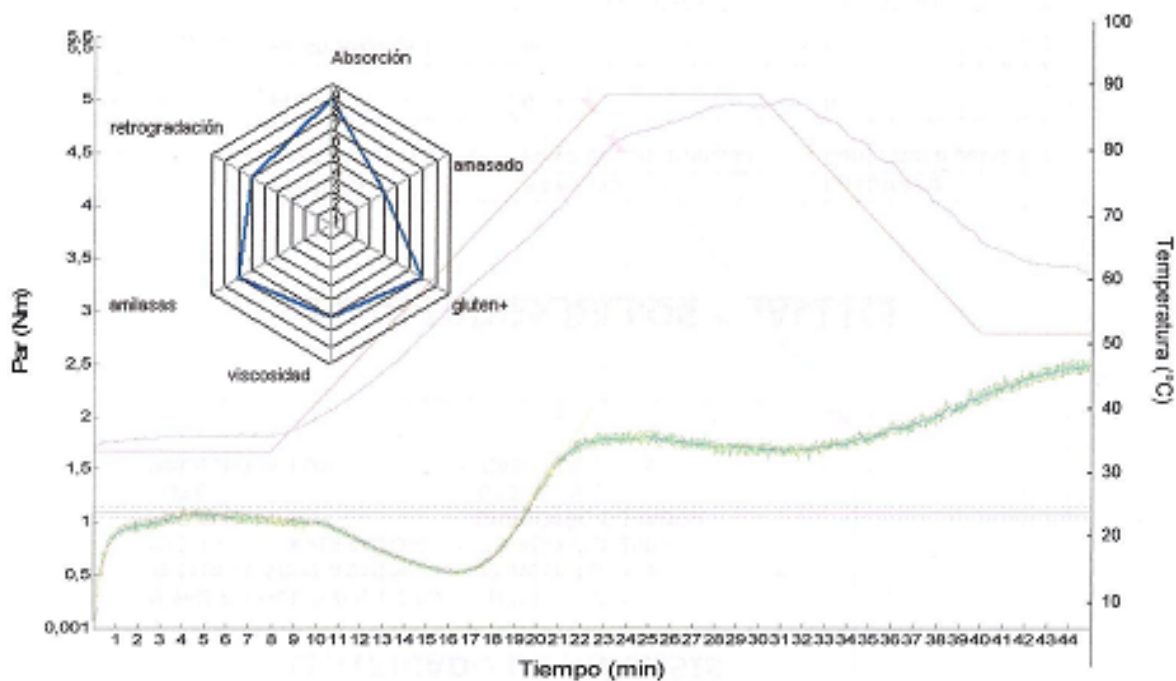
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,22	1,08	32,3	0,07	9,75
C2	16,47	0,53	55,9		
C3	24,80	1,81	84,0		
C4	31,73	1,68	88,9		
C5	45,03	2,51	60,1		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 56. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Cebada Nacional (20%)

MIXOLAB

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



UTA-C2 80 IMP 20 CEBAD

Fecha: 17/06/2009 Hora: 10:42

Muestra:

Hidratación: 61,8 % base 14% (b14)

Contenido en agua 13,3 %

índice: 8-38-575

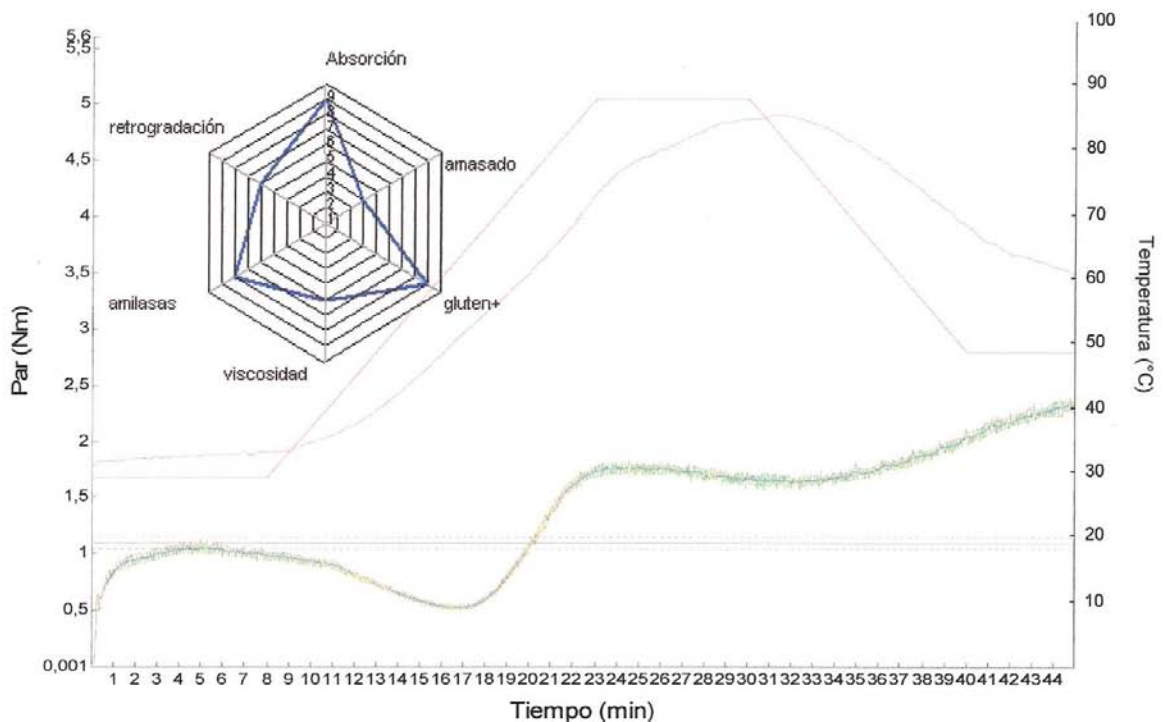
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,13	1,06	33,4	0,09	9,25
C2	16,53	0,53	51,4		
C3	24,60	1,77	79,6		
C4	32,18	1,64	87,2		
C5	45,03	2,36	62,6		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 57. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (70%) con Harina de Cebada Nacional (30%)

MIXOLAB

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



UTA-C3 70 IMP 30 CEBAD

Fecha: 26/06/2009 Hora: 10:50

Muestra:

Hidratación: 61,8 % base 14% (b14)

Contenido en agua 13,5 %

índice: 8-58-476

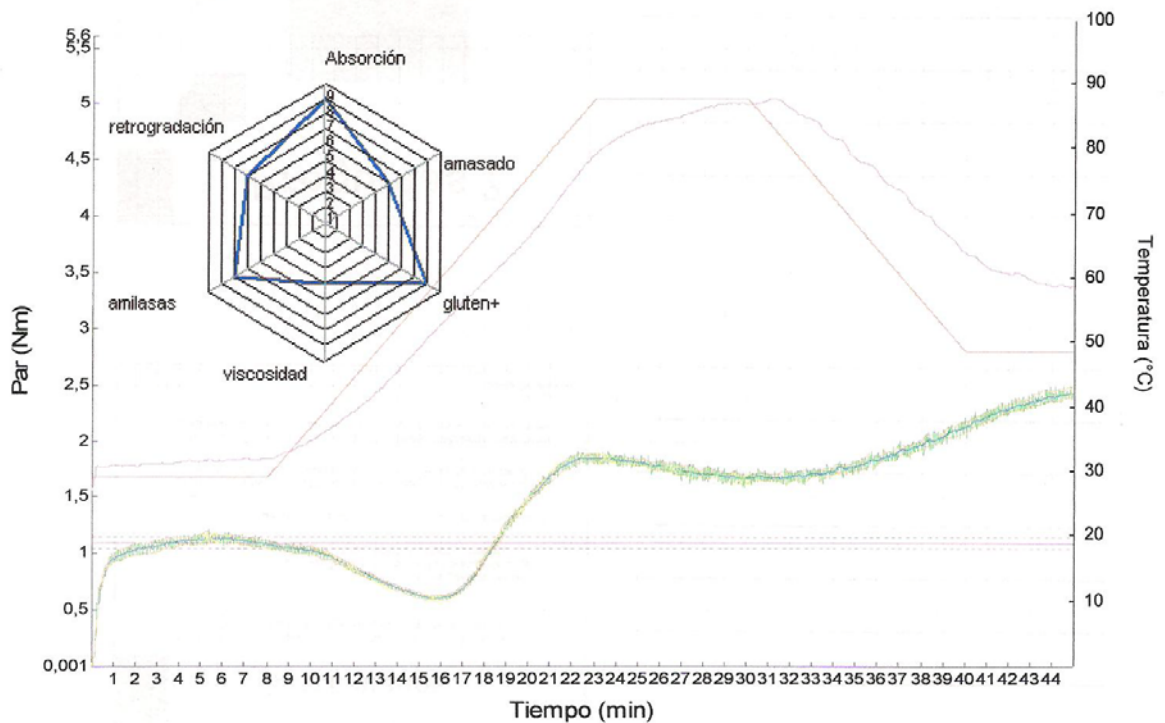
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,35	1,15	32,8	0,07	9,60
C2	15,67	0,61	53,1		
C3	23,58	1,86	82,8		
C4	29,80	1,67	89,4		
C5	45,05	2,45	60,3		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 58. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Maíz Nacional (20%)

MIXOLAB

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



UTA-02 M2 80 IMP 20 MAIZ

Fecha: 17/06/2009 Hora: 12:18

Protocolo: Chopin+

Muestra:

Peso de masa: 75,0 g

Hidratación: 57,9 % base 14% (b14)

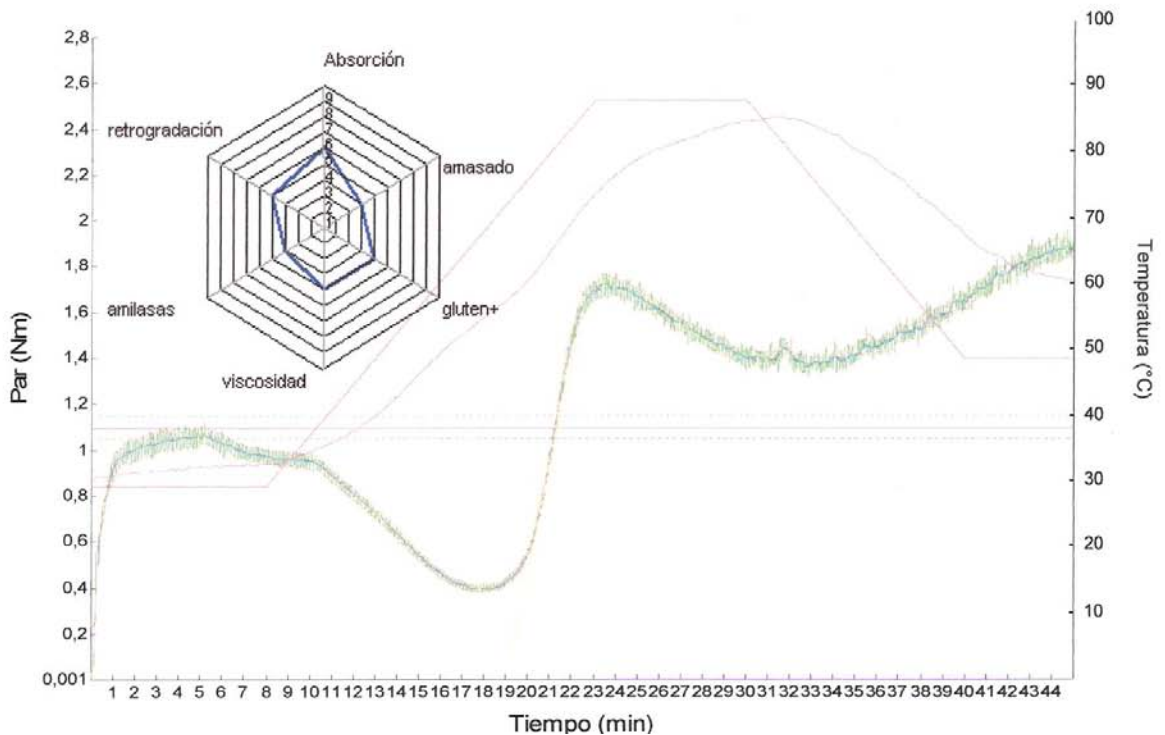
Temperatura depósito: 30,0 °C

Contenido en agua 12,5 %

Velocidad de amasado: 80 rpm

índice: 5-34-434

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,05	1,07	33,1	0,08	9,60
C2	17,85	0,40	56,0		
C3	23,57	1,73	77,4		
C4	30,92	1,39	87,3		
C5	45,03	1,90	62,0		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 59. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Quinoa Nacional (20%)

MIXOLAB

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



UTA-01 Q2 80 IMP 20 QUINUA

Fecha: 17/06/2009 Hora: 13:37

Muestra:

Hidratación: 60,0 % base 14% (b14)

Contenido en agua 12,9 %

índice: 7-24-254

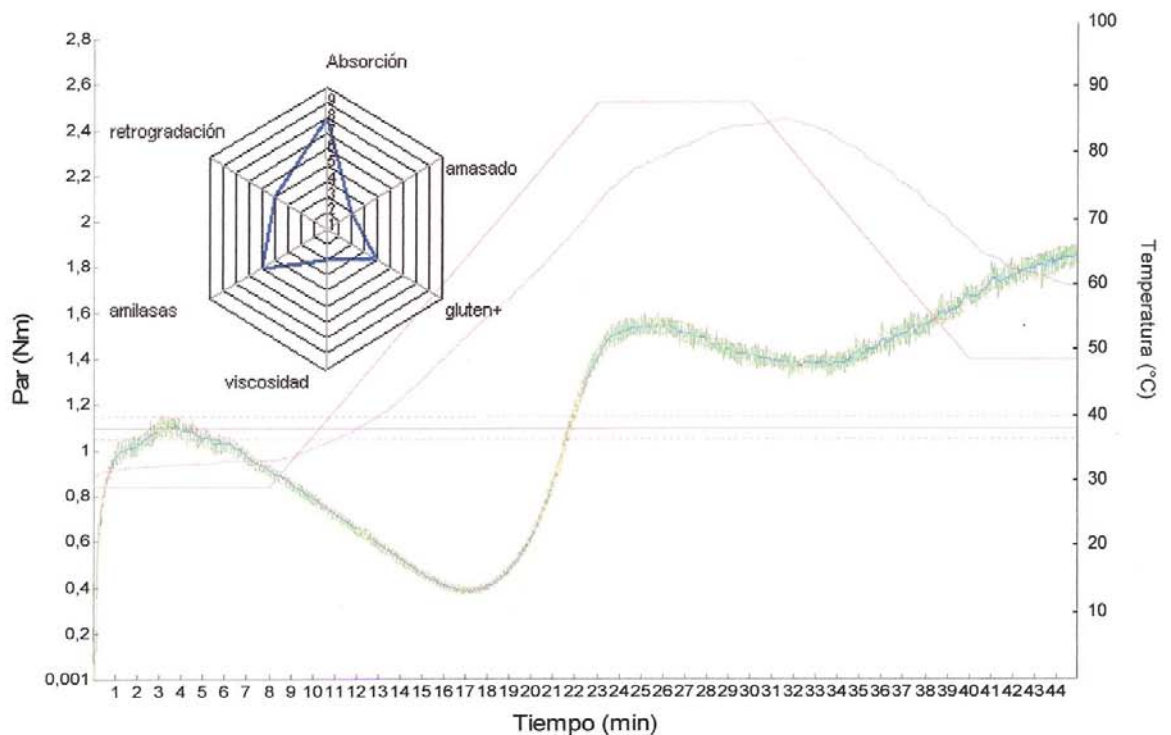
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,25	1,11	33,4	0,08	6,17
C2	16,92	0,39	53,1		
C3	25,67	1,55	81,1		
C4	31,95	1,37	87,2		
C5	45,05	1,86	61,2		



Fuente: Mixolab CHOPIN

FIGURA 60. Mixolab: Mezcla de Harina de Trigo Importado (80%) con Harina de Papa Nacional (20%)

MIXOLAB

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



UTA-02 P2 80 IMP 20 PAPA

Fecha: 17/06/2009 **Hora:** 15:17

Muestra:

Hidratación: 71,5% base 14%

Contenido en 12,6%

Índice: 9-21-153

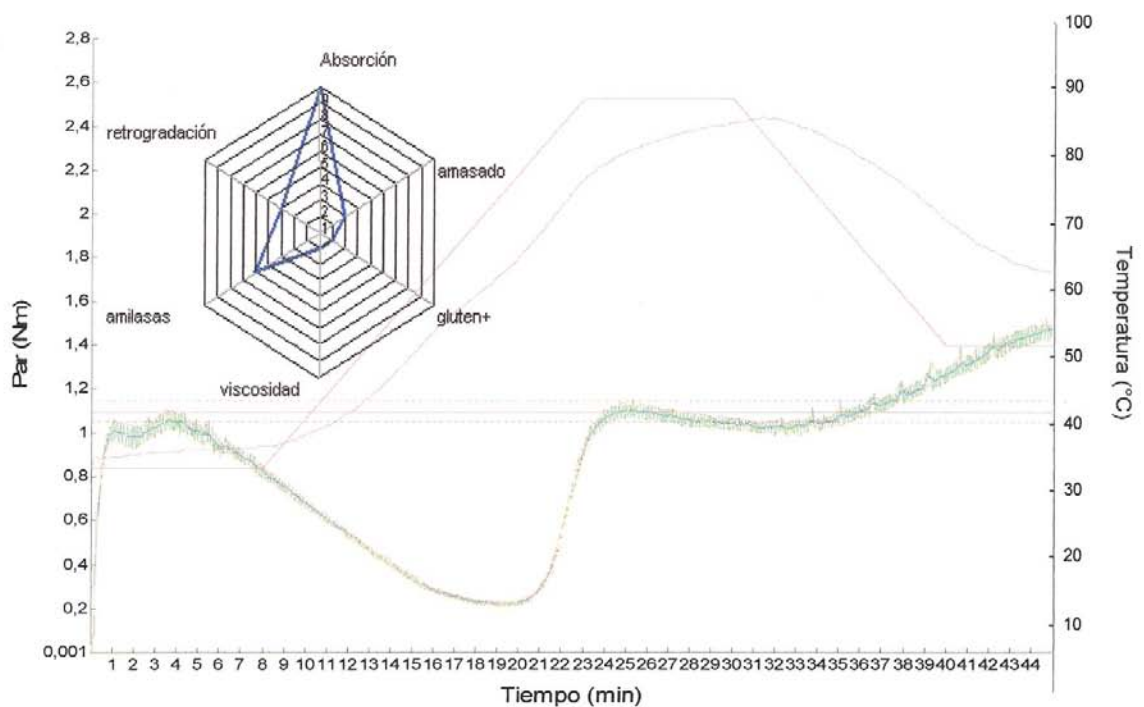
Protocolo: Chopin+

Peso de masa: 75,0 g

Temperatura depósito: 30,0 °C

Velocidad de amasado: 80 rpm

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. masa (° C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,68	1,07	32,6	0,09	5,82
C2	19,37	0,22	62,2		
C3	25,23	1,11	81,6		
C4	32,65	1,02	86,1		
C5	45,03	1,49	61,6		



Fuente: Mixolab CHOPIN

ANEXO D: FOTOGRAFÍAS

ANEXO D-1: OBTENCIÓN DE HARINAS



Fuente: Laboratorio UOITA. 2009.

ANEXO D-2: PREPARACIÓN DE MEZCLAS DE HARINAS



Fuente: Laboratorio UOITA. 2009.

ANEXO D-3: ANÁLISIS FARINOGRÁFICO



Fuente: Laboratorio UOITA. 2009.

ANEXO D-4: ANÁLISIS ALVEOGRÁFICO



Fuente: Laboratorio GRANOTEC S.A. 2009.

ANEXO D-5: ANÁLISIS EN EL MIXOLAB



Fuente: Laboratorio UOITA. 2009.

ANEXO D-6: MEJORES TRATAMIENTOS EN PAN



Fuente: Laboratorio UOITA. 2009.

ANEXO D-7: MEJORES TRATAMIENTOS EN FIDEOS



Fuente: Laboratorio UOITA. 2010.