



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



**TEMA: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN LAS
PROPIEDADES REOLÓGICAS Y PANIFICABLES DEL ALMIDÓN DE
MAÍZ VARIEDAD INIAP 122”**

Trabajo de titulación bajo, modalidad de Experiencia Prácticas de Investigación y/o Intervención, previa la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: Aida Patricia Acurio Acurio

Tutora: MSc. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato - Ecuador

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Titulación **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y PANIFICABLES DEL ALMIDÓN DE MAÍZ VARIEDAD INIAP 122”**, modalidad Experiencias Prácticas de Investigación y/o Intervención realizado por la Señorita Aida Patricia Acurio Acurio; considero que dicho Trabajo reúne requisitos y méritos suficientes para ser sometido a evaluación de la Comisión Calificadora designada por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, 19 de agosto del 2015

.....
MSc. Mayra Liliana Paredes Escobar

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los criterios emitidos en el Trabajo de Titulación “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y PANIFICABLES DEL ALMIDÓN DE MAÍZ VARIEDAD INIAP 122**”, como los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y recomendaciones, son de mi exclusiva responsabilidad como autora de este Trabajo de Titulación.

Ambato, 19 de agosto del 2015

.....
Aida Patricia Acurio Acurio

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el tema de investigación, **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERMENTACIÓN EN LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y PANIFICABLES DEL ALMIDÓN DE MAÍZ VARIEDAD INIAP 122”**, desarrollado por la egresada Aida Patricia Acurio Acurio, el mismo que ha elaborado de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Ambato, 19 de agosto del 2015

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A la memoria de la persona que más he amado en este mundo, mi padre Ángel Acurio quien fue mi luz y hoy es mi ángel, tus consejos, enseñanzas, palabras y amor siguen en mi mente a pesar de los años.

A mi madre, Angélica Acurio mi mayor ejemplo, quien con esfuerzo, trabajo, honradez, y bendición de Dios me enseñó que para una mujer no existe imposibles y se puede sacar adelante a la familia.

A mis hermanas Hilda, Teresa y Susana por compartir juntas alegrías, tristezas, pero especialmente a ti Teresa mi chiquita del alma por tu comprensión, generosidad, sabiduría, amor y apoyo incondicional.

Paty

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por toda las bendiciones recibidas en el transcurso de mi vida y guiarme en todo momento.

A la Universidad Técnica de Ambato y Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por la oportunidad de formarme como profesional en tan prestigiosa institución, así también a los docentes que supieron compartir sus conocimientos y experiencias durante mi trayectoria universitaria.

Agradezco de todo corazón la MSc. Mayra Paredes por haber aceptado ser mi tutora, quien se constituyó en un pilar fundamental para la culminación del presente trabajo.

A la Ing. Elena Villacrés gracias por la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, por su paciencia, dedicación, motivación y conocimientos brindados durante el tiempo de desarrollo del trabajo.

Paty

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
1.1. Tema de investigación.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
CAPITULO II	4
MARCO TEORICO.....	4
2.1 Antecedentes investigativos	4
2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis	8
CAPITULO III.....	9
MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Materiales y equipos.....	9
3.2 Métodos	9
3.2.1 Obtención del almidón fermentado de maíz.....	9
3.2.2 Análisis del almidón fermentado de maíz	11
Medición del pH durante la fermentación.....	11
Medición de la acidez durante la fermentación.....	12
Análisis microbiológico de aerobios totales, hongos y levaduras al inicio y final de la fermentación.....	12
Determinación de la humedad.....	12
Determinación del rendimiento.....	12
Análisis de las propiedades reológicas y comportamiento farinográfico.....	12
3.2.3 Elaboración de pan de almidón fermentado de maíz.	12
3.2.4 Análisis de las propiedades panificables del pan de almidón fermentado de maíz y del pan de almidón sin fermentar.	14
Análisis de la textura del pan.	14
Determinación del volumen del pan y volumen específico	14
Análisis sensorial del pan.....	14
3.3 Diseño experimental de los factores de estudio	14
CAPITULO IV.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1 Análisis y discusión de resultados.....	15
4.1.1 Análisis físico químicos del almidón fermentado de maíz	15

pH.....	15
Acidez.....	16
Análisis microbiológico.....	17
Rendimiento del almidón fermentado de maíz.....	18
Humedad.....	19
4.1.2 Comportamiento farinográfico del almidón fermentado de maíz.....	19
Absorción de agua.....	20
Tiempo de desarrollo.....	20
Estabilidad.....	21
Debilitamiento.....	22
4.1.3 Reología de la masa del almidón fermentado de maíz.....	23
Desarrollo de la masa (C1).....	24
Poder de hinchamiento del almidón (C2).....	25
Gelatinización del almidón (C3).....	26
Actividad amilásica (C4).....	27
Retrogradación del almidón (C5).....	28
4.1.4 Propiedades panificables.....	29
Volumen de pan.....	30
Volumen específico del pan.....	30
Textura del pan.....	31
4.1.5 Análisis sensorial.....	32
Color de la corteza del pan.....	33
Apariencia o simetría del pan.....	33
Sabor del pan.....	33
Color de la miga de pan.....	33
Textura de la miga.....	34
Aceptabilidad del pan.....	34
4.1.5 Perfil sensorial.....	34
4.2 Verificación de hipótesis.....	35
CAPITULO V.....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
5.1 Conclusiones.....	36
5.2 Recomendaciones.....	37
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	38
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los principales países productores de maíz, en el periodo 2000- 2009.	5
Figura 2. Producción de maíz seco duro y maíz seco suave en la Costa, Sierra y Oriente del Ecuador.....	5
Figura 3. Estructura de los componentes del almidón.	6
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración del almidón fermentado de maíz. .	11
Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de pan.	13
Figura 6. pH de las muestras de almidón de maíz durante 6 días de fermentación. ..	16
Figura 8. Absorción de agua del almidón fermentado de maíz.....	20
Figura 9. Tiempo de desarrollo del almidón fermentado de maíz	21
Figura 10. Estabilidad del almidón fermentado de maíz.....	22
Figura 11. Debilitamiento del almidón fermentado de maíz.....	23
Figura 12. Desarrollo de la masa (C1) del almidón fermentado de maíz.	25
Figura 13. Poder de hinchamiento (C2) del almidón fermentado de maíz.	26
Figura 14. Gelatinización del almidón fermentado de maíz (C3).....	27
Figura 15. Actividad amilásica (C4) del almidón fermentado de maíz.	28
Figura 16. Retrogradación (C5) del almidón fermentado de maíz.....	29
Figura 17. Promedio de los atributos sensoriales del pan de almidón fermentado de maíz.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental..	14
Tabla 2. Contenido de aerobios totales, mohos y levaduras (UFC/g) en las muestras de almidón fermentado de maíz al inicio y final de la fermentación	18
Tabla 3. Humedad (%) y rendimientos (%) de las muestras de almidón fermentado y la muestra de almidón sin fermentar... ..	18
Tabla 4. Características farinograficas de los almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar.....	20
Tabla 5. Reología de la masa de los almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar	25
Tabla 6. Propiedades de las muestras de pan de almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar.	31
Tabla 7. Datos de los atributos sensoriales del pan de almidón fermentado de maíz y pan de almidón sin fermentar.....	33

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Evaluación del efecto de fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122.

Autora: Patricia Acurio Acurio

Tutora: MSc. Mayra Paredes

Fecha: 19 de Agosto del 2015

ABSTRACT

This work evaluated the effect of fermentation on the rheological and bread-making properties of corn starch from the variety INIAP 122. Fermentation corn starch was obtained after an extraction process (ground: liquefied), natural fermentation during 6 days (bioreactor: plastic bag), and dried (50 to 65°C). The fermentation process was characterized for the decrease of pH levels from 6,1 to 3,13 and in increase of the acidity from 0,19 to 0,72. With the application of a 2ⁿ factorial design with a reliability level of 95%, it was possible to determine that the extraction method, the fermentation method and the drying temperatures, significantly influence the rheological and bread-making properties of fermented corn starch. As a result of the determination of the bread-making properties and the sensory analysis, the best treatments were: ground sample, fermented in a bioreactor and dried at 50°C (MB50°C), and the liquefied sample, fermented in a bioreactor and dried at 50°C (LB50°C), these fermentation conditions for the starch, helped obtain a high volume product of 61,2 cm³, texture 18,31N and pleasing sensorial attributes.

Keywords: corn starch, fermentation, pH, acidity, texture, volume, rheological and bread-making properties

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Evaluación del efecto de fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122.

Autora: Patricia Acurio Acurio

Tutora: MSc. Mayra Paredes

Fecha: 19 de Agosto del 2015

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122. El almidón fermentado de maíz fue obtenido mediante dos diferentes procesos de extracción, de fermentación y secado. La extracción se realizó por molienda o licuado, la fermentación durante seis días en un biorreactor y en una funda plástica y un secado a 50 o 60°C. Aplicando un diseño factorial 2ⁿ a un 95% de confianza, se pudo determinar que el método de extracción, método de fermentación y temperaturas de secado, influyen significativamente sobre las propiedades reológicas y panificables del almidón fermentado de maíz. Como resultado del estudio de las propiedades panificables y sensoriales se obtuvo como mejores tratamientos la muestra molida, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (MB50°C), y la muestra licuada, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (LB50°C), estas condiciones de fermentación del almidón permitieron obtener un producto de alto volumen de 61,2 cm³, textura de 18,31 N y atributos sensoriales agradables.

Palabras claves: Almidón de maíz, fermentación, pH, acidez, textura, volumen, propiedades reológicas y panificables.

ABREVIATURAS

FAO= Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

INIAP= Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

MIPRO = Ministerio de Industrias y Productividad

Nm = Newton, metro

UB= Unidades Brabender

U F= Unidades Farinograficas

Simbología de los tratamientos

MB50°C=molida, fermentada en biorreactor y secada a 50°C

MB65°C= molida, fermentada en biorreactor y secada a 65°C

MF50°C=molida, fermentada en funda plástica y secada a 50°C

MF65°C= molida, fermentada en funda plástica y secada a 65°C

LB50°C=licuado, fermentada en biorreactor y secada a 50°C

LB65°C= licuado, fermentada en biorreactor y secada a 65°C

LF50°C=licuado, fermentada en funda plástica y secada a 50°C

LF65°C= licuado, fermentada en funda plástica y secada a 65°C

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays.L*) es originario del continente Americano, este cereal es de gran importancia para la alimentación humana e industria (FAO, 2009). El Ecuador es uno de los países con mayor diversidad genética de maíz, actualmente se ha reconocido 29 variedades siendo el maíz duro seco y maíz suave seco de mayor producción. La producción total en el 2012 fue de 761,22 toneladas de maíz de esta producción el 96 % es consumido por el sector avícola en la fabricación de alimentos balanceados y exportado a Colombia, mientras que las industrias de consumo humano solo utilizan el 4 % (Garcés, 2012).

Por otro lado en el Ecuador se consume productos de panadería elaborados con trigo importado, debido que la producción nacional no abastece a la Industria Molinera lo que genera inconvenientes en el precio final de los productos y en la economía del país. Además, instituciones como el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) trabajan en alternativas para elaborar pan a base de harinas de chocho, banano, espinaca, soya y maíz con el fin de reducir las importaciones de este cereal (Gómez,2012).

Actualmente la fermentación es utilizada como una alternativa para mejorar las propiedades panificables e incrementar la digestibilidad y el valor nutricional de la harina de maíz (Betancourt, et al.2013). Por lo que en el presente trabajo se realizó la evaluación del efecto de la fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122.

Esta investigación surge como una alternativa para revalorizar y diversificar el consumo de maíz y forma parte del proyecto de seguridad alimentaria del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). El presente trabajo de investigación se considera de importancia para el sector agroindustrial ecuatoriano, mejorando la calidad de vida de los pequeños y medianos productores de maíz.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema de investigación

Evaluación del efecto de fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122.

1.2. Justificación

Los gobiernos de países sudamericanos impulsan alternativas que contribuyan a disminuir la dependencia del trigo norteamericano o canadiense. En nuestro país el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), presentó un plan para elaborar pan con el 10% de sustitución de harinas de chocho, banano, espinaca, soya y maíz con el objetivo de ahorrar 15,4 millones de dólares al año en importaciones de trigo, pues este cereal representa el 70 % del costo de la harina para la fabricación de pan, fideos, galletas y bollería (Arias, 2014).

El uso de almidones es otra alternativa para la elaboración de pan. Una gran aceptabilidad ha tenido el almidón de yuca pues permite la formación de una masa esponjosa, viscoelástica y de buena fuente de carbohidratos (Loza y Gomes, 2008).

Autores como Vargas, Quesada y López, (2012) mencionan que la fermentación permite diversificar y ampliar la utilización del almidón, modificando sus características físicas, químicas y reológicas, debido al rompimiento del almidón en dextrinas, grupos carbonilos y grupos hidroxilos. Además, después del secado por la presencia de los ácidos orgánicos formados durante la fermentación, se mejoran las características sensoriales y el volumen del producto final.

Las bacterias lácticas como *Lactobacillus plantarum* están siendo utilizadas para la fermentación de la harina de maíz por presentar actividad amilolítica, proteolítica y potencial inhibitorio frente a bacterias patógenas controlando la fermentación, esta

harina se puede utilizar en las formulaciones de pre-mezclas en la elaboración de empanadas, tamales, pan de bono y tortillas (Betancourt, et al.2013).

En el Ecuador el maíz ocupa el segundo puesto en la producción de cereales con 761,22 toneladas al año, pero en el 2013 el país deja de exportar maíz a Colombia provocando una sobre producción y la caída del precio del maíz suave de 62 a 30 dólares por cada quintal, convirtiendo a la industria de balanceados en el principal consumidor de este cereal (Albán, 2013). En consecuencia, resulta interesante proponer alternativas de consumo utilizando el almidón y su mejoramiento nutricional mediante la fermentación. En este trabajo de investigación se propone el estudio de las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz fermentado para orientar su uso final en la industria panadera.

Por último, esta investigación contribuirá al sector agroindustrial valorizando la siembra del maíz variedad INIAP 122, y como consecuencia el desarrollo de nuevos productos, los mismos que permitirán mejorar la calidad de vida de los pequeños y medianos productores de maíz.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la fermentación en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz variedad INIAP 122.

1.3.2. Objetivos específicos

Establecer las condiciones óptimas de molienda y secado para el proceso de fermentación del almidón de maíz.

Determinar las propiedades reológicas, y el potencial de panificación del almidón fermentado de maíz.

Determinar el mejor tratamiento mediante la evaluación de los atributos sensoriales del pan de almidón fermentado de maíz.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes investigativos

El maíz (*Zea mays.L*) es un planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las Poáceas del género *Zea* Linnaeus. El maíz botánicamente es considerado como una gramínea por poseer raíces, hojas, tallos en forma de caña, destacándose por su inflorescencia femenina llamada mazorca donde se encuentran las semillas agrupadas a lo largo de un eje. También se lo considera un cereal por la estructura del grano, la cual está formada de 84% de endospermo, 11 % embrión y 5 % pericarpio y su composición química es hidratos de carbono 68-72 %, proteínas 8-11 %, lípidos 4-5 % y fibra 12 al 15 % (Gil, 2010).

El maíz es el segundo cultivo más utilizado en el mundo, anualmente se produce 645`414.836,10 toneladas de maíz, el principal productor es Estados Unidos que abarca el 43% del total de la producción, el segundo es China, con una producción del 21%, Brasil está en tercer lugar seguido por México y Argentina (figura 2). Este cereal tiene alta relevancia en la alimentación para la población e industria. Su consumo puede ser directo como fritura, harina, sopas instantáneas, empanadas y snacks o indirecto como endulzantes, almidones aislados, biocombustibles, productos farmacéuticos, papel, textiles, aceites, sémolas, plásticos biodegradables, aguardientes y bebidas alcohólicas no fermentadas entre otros (FAO, 2009).

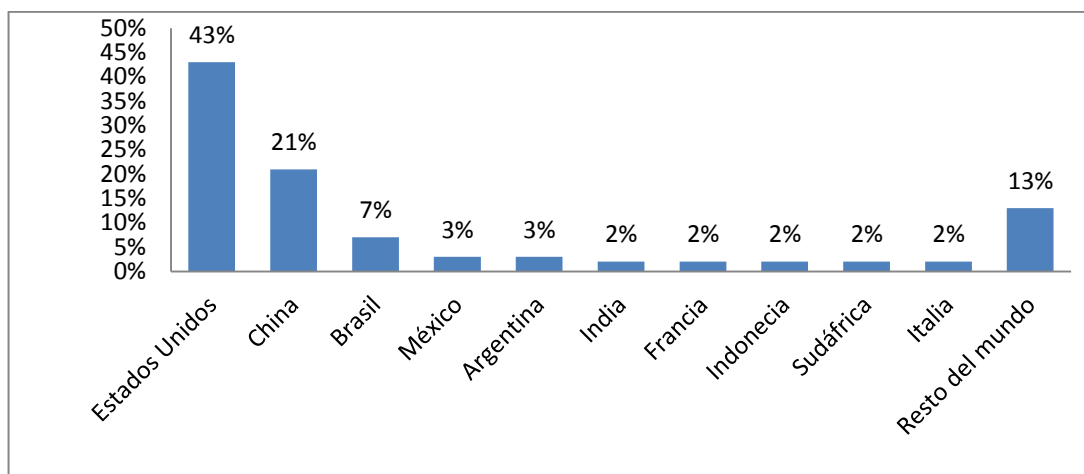


Figura 1. Los principales países productores de maíz, en el periodo 2000- 2009.
Fuente: FAO, (2009)

El Ecuador es uno de los países con mayor diversidad genética de maíz, actualmente se ha reconocido 29 variedades, que representa el recurso natural renovable más importante para salvaguardar la seguridad alimentaria de la población. La producción de maíz en el país en el 2012 es de 761,22 toneladas; siendo 43,28 toneladas de maíz suave en la Sierra y 717,94 toneladas de maíz duro en la Costa y Oriente (figura 3). Del total de producción el sector avícola consume el 57 %, alimentos balanceados para otros animales 6%, exportaciones a Colombia 25 %, industrias de consumo humano 4%, el resto sirve para autoconsumo y semillas (Garcés, 2012).

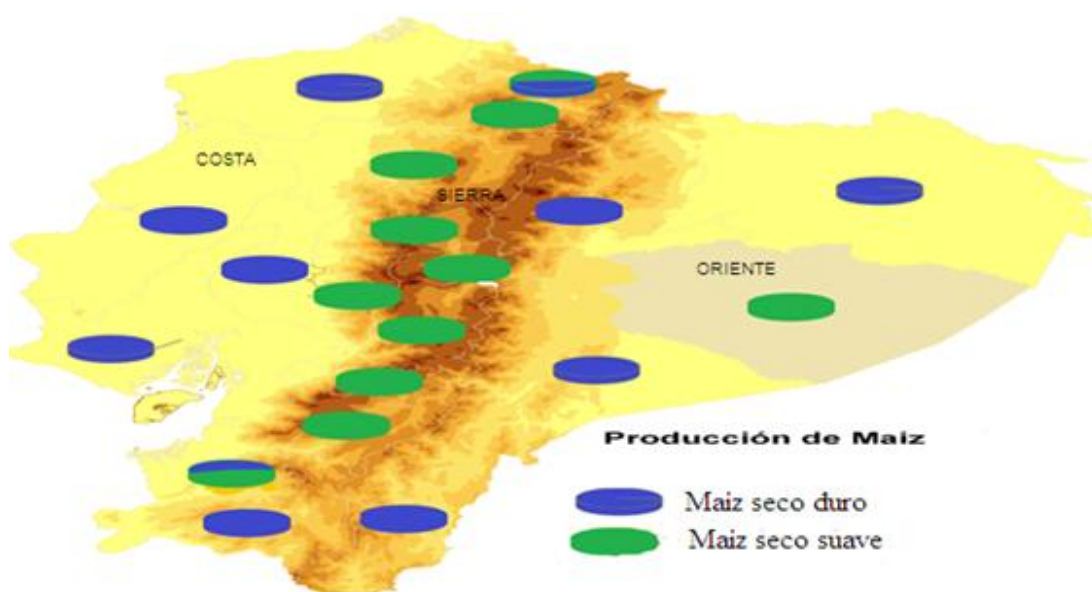


Figura 2. Producción de maíz seco duro y maíz seco suave en la Costa, Sierra y Oriente del Ecuador
Fuente: Mapas Nacionales (2007)

En la sierra ecuatoriana se cultivan 18 variedades de maíz harinoso y semiduro. Las variedades más cultivadas son huandango, mischca sara, guagal, usilla, uchima, racimo de uva, chulpi, morocho, blanco blandito y chaucho mejorado INIAP 122 siendo el último de mayor cultivo por presentar características agronómicas deseables y buena calidad del grano como color, suavidad, tamaño y sabor. Se consumen en forma de choclo, cauca, humitas, mote, harinas, chicha, chuchuca, y tostado por su alto contenido de almidón (INIAP, 2011).

El almidón es un polisacárido semi-cristalino, compuesto por 27 % de amilosa y 73 % de amilopectina. La amilosa es una molécula lineal unida por enlaces $\alpha(1,4)$ y la amilopectina es una molécula ramificada, unida por enlaces $\alpha(1,4)$ y $\alpha(1,6)$. Diferentes estudios muestran que la amilosa es la responsable de la formación de las asociaciones cristalinas en el granulo del almidón y por tanto de la retrogradación del mismo (Gutiérrez, 2000).

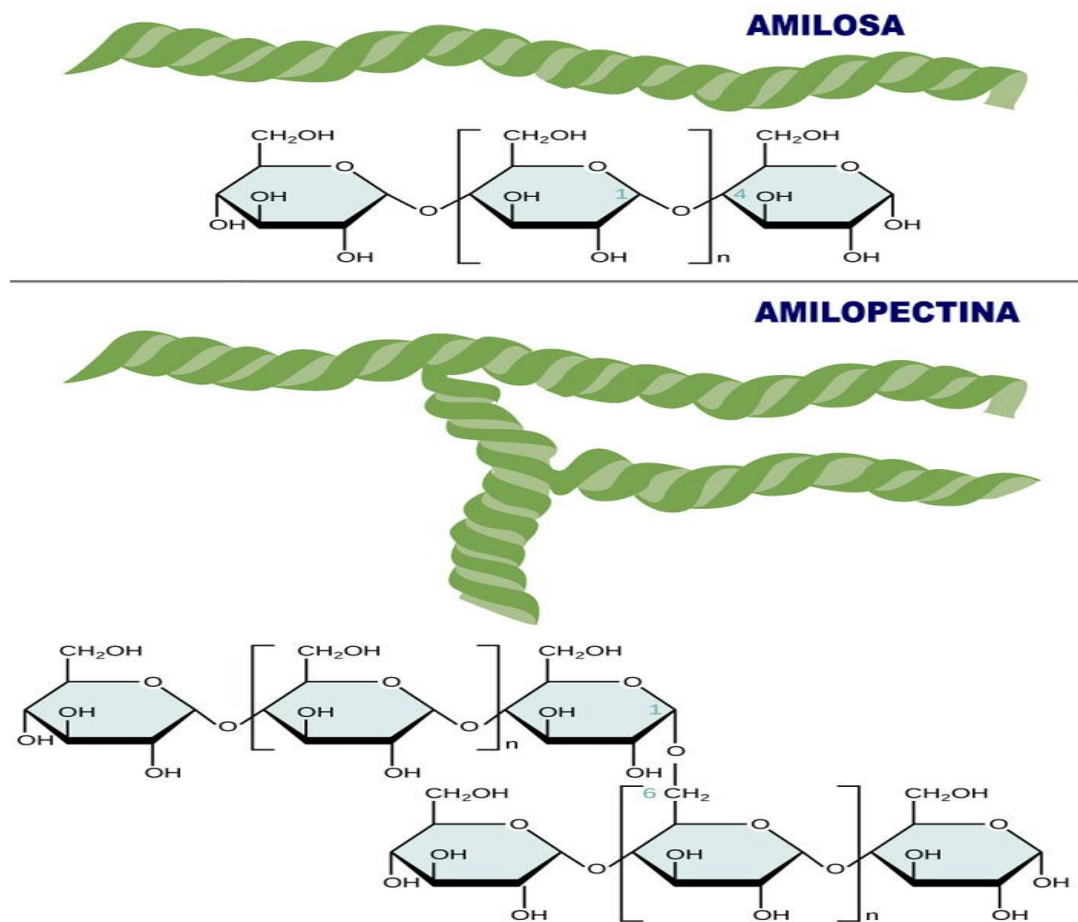


Figura 3. Estructura de los componentes del almidón.

Fuente: (Gutiérrez, 2000)

La gelatinización del almidón de maíz tiene lugar en un intervalo de temperatura muy limitada de 62 a 68°C produciendo el hinchamiento, pérdida de cristalinidad por la solubilización de la amilosa y amilopectina. Este fenómeno induce a la aparición de las propiedades viscoelásticas (Pineda y Coral, 2010).

Las dextrinas son producto de la hidrólisis parcial del almidón por el rompimiento de los enlaces glucosídicos α (1,4) y algunos enlaces α (1,6); este fenómeno tiene lugar en la etapa de posgelatinización. El principal resultado es la reducción de la molécula, disminución de la viscosidad y un incremento en la cantidad de azúcares reductores (Luna y Mera, 2006).

La industria de panificación está utilizando almidones provenientes de fuentes como la papa, camote, yuca, banano y maíz para la elaboración de pan hasta con el 10% de sustitución y pan sin gluten. En los últimos años estos productos han tenido una gran acogida por las personas intolerantes o alérgicas al gluten (Hees y Giltay, 2013).

Para mejorar las características panificables del almidón se ha encontrado que la fermentación es un medio conveniente, con el cual se logra incrementar el volumen, esponjosidad, tamaño de alveolos, firmeza de la miga y la aceptabilidad de los consumidores (Vargas, 2010).

El pan de bono elaborado con almidón fermentado de yuca y maíz presentó mayor volumen ($61,1 \text{ cm}^3$), con respecto al pan de bono elaborado con almidones nativos (54 cm^3). Además la textura del pan de bono elaborado con almidones fermentados es menor (19,3 N) al comparar con el pan de bono elaborado con almidones nativos (24 N), estos valores de textura nos permite evaluar la frescura y procesos de envejecimiento del pan (López, Sandoval y Valencia, 2012).

2.2 Hipótesis

Hipótesis nula

Ho: El método de extracción del almidón, método de fermentación y la temperatura de secado no tiene influencia en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz.

Hipótesis alternativas

Ha: El método de extracción del almidón, método de fermentación y la temperatura de secado si tiene influencia en las propiedades reológicas y panificables del almidón de maíz.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.3.1 Variables independientes: Método de extracción, método de fermentación y temperatura de secado del almidón.

2.3.2 Variables dependientes: Propiedades reológicas y panificables del almidón fermentado de maíz.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y equipos

- Maíz variedad INIAP 122
- Biorreactor
- Fundas plásticas
- Bisturí
- Vasos de precipitación 50 ml y 100 ml
- Bureta graduada de 50 ml
- Bandejas plásticas
- Macerador
- pH-metro
- Mixolab Chopin +
- Tamiz 350 μm y 75 μm
- Licuadora
- Molino
- Estufa
- Secador de aire forzado
- Hidróxido de sodio 0,01 N
- Fenolftaleína
- Almidón fermentado de maíz
- Huevos
- Queso mozzarella rallado
- Polvo de hornear
- Sal
- Mantequilla
- Azúcar
- Texturometro TA.XT2i
- Horno
- Batidora

3.2 Métodos

3.2.1 Obtención del almidón fermentado de maíz

- **Recepción:** Se recibe 1 kg de maíz en forma de grano ya separado de la mazorca.
- **Limpieza:** Se eliminó los granos partidos, piedras, partículas de polvo e insectos.
- **Maceración:** Se colocó 1 kg de maíz en 5 litros de agua a 50 °C durante 50 horas.
- **Desgerminación:** Debido a que el volumen de procesamiento es bajo se realizó en el laboratorio de manera artesanal mediante la utilización de un bisturí que permite cortar y retirar el germen de cada grano de maíz.

- **Extracción del almidón**
Se lo realizó mediante dos métodos:
 - **Licuadao.** Este proceso se realizó en una licuadora industrial donde se licua el maíz desgerminado con tres litros de agua por 5 min.
 - **Molino.** Se realizó el proceso de molienda en un molino de piedra electrónico.
- **Tamizado.** Se tamizó las muestra de almidón en un tamiz de 150 mesh .
- **Reposo y separación de la lechada del almidón:** Las muestras previamente licuadas o molidas, se colocaron en un recipiente transparente con agua durante 1 a 2 horas hasta observar la formación de sedimento en la parte inferior y eliminar la parte líquida.
- **Fermentación:** Las muestras de almidón con un pH inicial de 6,2 y acidez 0,19, se colocó en un biorreactor sin agitación y otras en fundas plásticas negras de polietileno con 3 cm de sobrenadante de agua y se selló térmicamente. Las muestras fueron almacenadas en un lugar cerrado oscuro a 20 °C por 6 días. En esta etapa se controló el pH, acidez y crecimiento microbiano de aerobios totales, mohos y levaduras.
- **Secado:** Se colocó el almidón en bandejas plásticas en un secador de aire forzado a una temperatura de 50 o 65 °C, con una humedad relativa del 59 y 52 % respectivamente.
- **Tamizado:** Las muestras secas se trituraron y tamizaron a través de un lienzo de 150 mesh.
- **Empaque y almacenamiento:** Se envasó en fundas plásticas de polietileno y se almaceno a 18°C en un lugar seco libre de malos olores y de roedores.

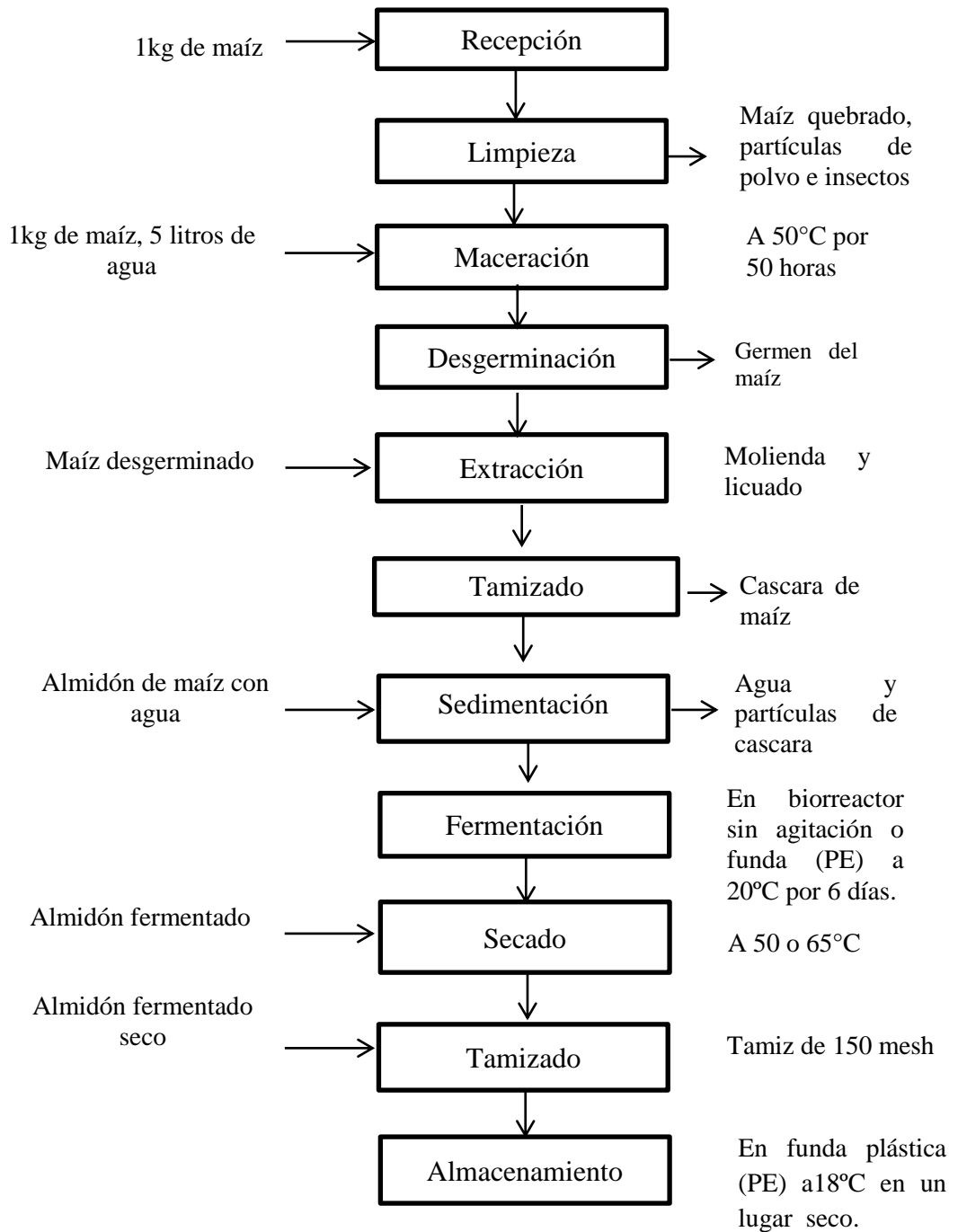


Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015.

3.2.2 Análisis del almidón fermentado de maíz

Medición del pH durante la fermentación.

Se determinó el pH a temperatura ambiente, según el procedimiento descrito por la AOAC 02-52, utilizando un pH-metro marca inolab.

Medición de la acidez durante la fermentación.

La determinación de la acidez se realizó a temperatura ambiente, según el método de titulación descrito por la AOAC 02-31, tomando como referencia el ácido láctico.

Análisis microbiológico de aerobios totales, hongos y levaduras al inicio y final de la fermentación.

Se trabajó con una dilución 10^{-3} utilizando el método rápido para el recuento microbiano de aerobios totales, hongos y levadura mediante la técnica de placas de Petrifilm^T descrita por la AOAC 991.14.

Determinación de la humedad.

El contenido de agua del almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar se determinó por el método de secado descrito por la AOAC 964.22, utilizando una estufa marca Memmert.

Determinación del rendimiento

$$\text{Rendimientos (\%)} = \frac{\text{Cantidad de almidón fermentado seco}}{\text{Cantidad de maíz por tratamiento}} * 100$$

Análisis de las propiedades reológicas y comportamiento farinográfico.

Las propiedades reológicas del almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar se determinó en el equipo Mixolab Chopin+ estandarizado por la AACC 54-60.01, siguiendo el procedimiento descrito en el manual.

3.2.3 Elaboración de pan de almidón fermentado de maíz.

- **Recepción:** En esta fase se controló la calidad de los materiales como almidón fermentado de maíz, queso mozzarella rallado, polvo de hornear, sal, mantequilla, azúcar y huevos
- **Pesado:** Se pesó 125 g de almidón fermentado, 250 g de queso mozzarella rallado, 12 g de polvo de hornear, 2 g de sal, 113 g de mantequilla, 2 g de azúcar y 2 huevos.

- **Mezclado y amasado.** Se mezcló bien el almidón, sal, azúcar, polvo de hornear y el queso rallado, posteriormente se añadió la mantequilla, huevos, agua y se procedió a amasar bien.
- **División de la masa:** Se dividió la masa en piezas iguales de 24 g.
- **Boleado de la masa:** Durante este proceso se sometió a la masa a presión contra una superficie rígida con la finalidad de tener una pieza compacta.
- **Horneado:** Se colocó la masa boleada en bandejas previamente engrasadas y posteriormente se colocó en el horno a 220°C por 15 minutos.
- **Almacenamiento:** El pan se almacenó en bolsas de papel, a temperatura ambiente en lugar seco.

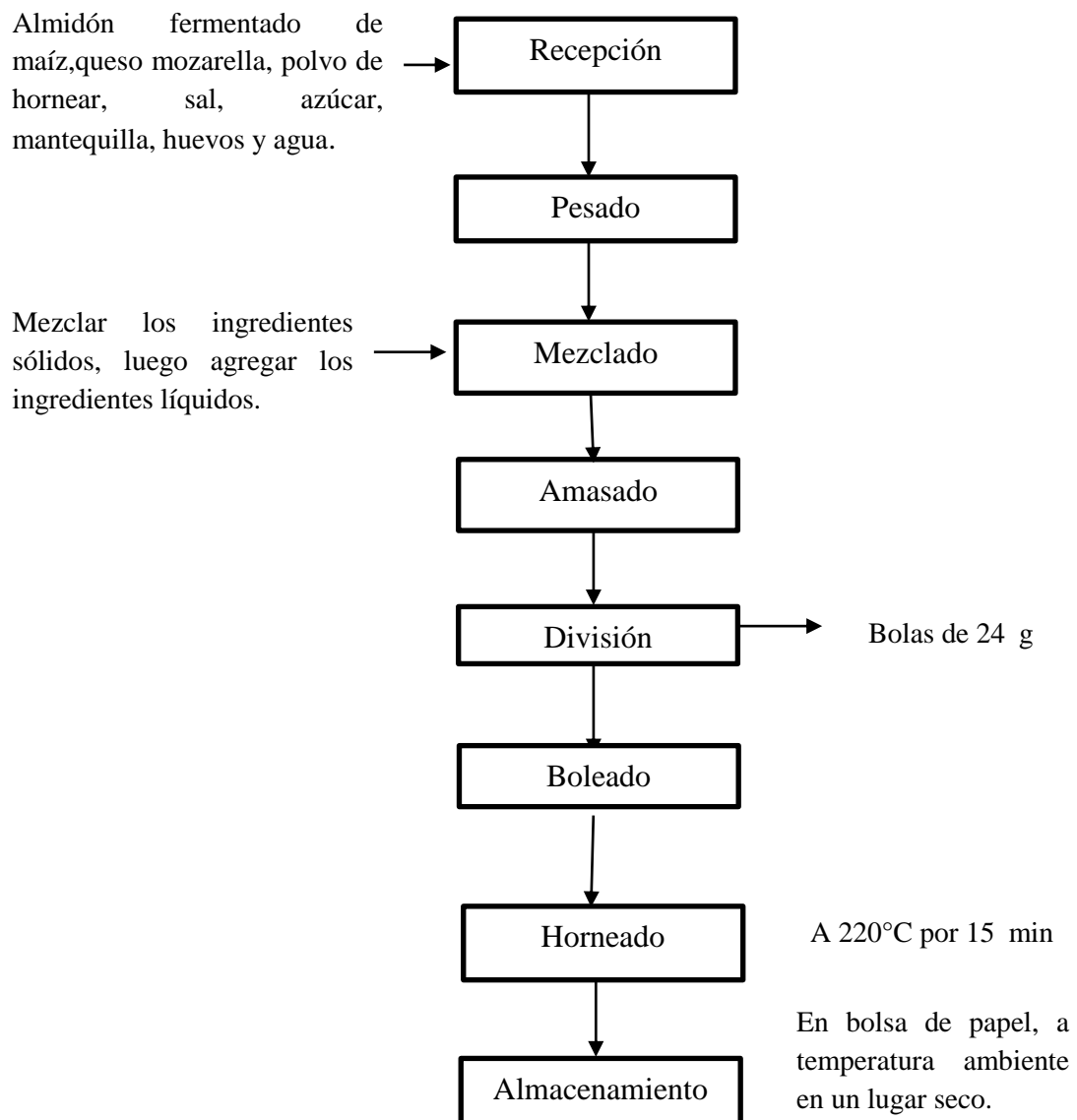


Figura 5. Diagrama de flujo para la elaboración de pan.
 Elaborado por: Acurio Patricia, 2015.

3.2.4 Análisis de las propiedades panificables del pan de almidón fermentado de maíz y del pan de almidón sin fermentar.

Análisis de la textura del pan.

Se determinó la textura por cinco veces consecutivas, utilizando el texturometró TA.XT2i siguiendo la metodología descrita en el manual del equipo, donde la velocidad de pre-ensayo será de 1,7 m/s, distancia de 4 mm, fuerza de 2 N utilizando una sonda de P 36/R (Manual del Texturometro TA.XT2i, 2000).

Determinación del volumen del pan y volumen específico.

El volumen del pan se midió mediante el método de desplazamiento de semillas establecido en la Norma INEC 530, para el volumen específico se dividió el volumen del pan para el peso de la muestra.

Análisis sensorial del pan

Dentro del análisis sensorial se efectuó las cataciones de los tratamientos incluyendo un control, utilizando un diseño de bloques incompletos para 18 catadores semientrenados con 3 réplicas y 4 tratamientos para cada catador (Cochran, 2008).

3.3 Diseño experimental de los factores de estudio

La investigación respondió a un diseño factorial completo en dos niveles (2^n) este cuenta con 3 factores y 8 tratamientos con dos replicas según (Saltos, 2010). La investigación respondió al siguiente modelo matemático. Además se realizó una muestra testigo con almidón natural para la discusión de datos reológicos.

$$Y_{ijkl} = u + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + R_h + \varepsilon_{ijkl}$$

Tabla 1. Diseño experimental

Factores	Niveles
A: método de extracción	a ₀ : Molino
	a ₁ : Licuado
B: Método de fermentación	b ₀ : Biorreactor
	b ₁ : Funda plástica
C: Temperatura de secado	c ₀ : 50°C
	c ₁ : 65°C

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de resultados

4.1.1 Análisis físicos químicos del almidón fermentado de maíz

Los análisis físicos químicos fueron realizados en el Departamento de Desarrollo de Nuevos Productos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina. A continuación se describe los análisis físicos químicos como pH, acidez, microbiología, humedad y rendimiento realizados en el almidón fermentado del maíz variedad INIAP 122.

pH

Se determinó el pH del almidón fermentado de maíz de todas las muestras mediante el procedimiento AOAC 02-52 (anexo A-1), se utilizó un pH-metro marca inolab el cual presenta los resultados con una desviación estándar $\pm 0,1$.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 6, donde se observa el comportamiento decreciente del pH desde 6,2 hasta 3,13, en el tiempo de fermentación de 6 días. El pH más bajo obtenido después del tiempo de fermentación total fue de 3,13 en la muestra licuada fermentada en un biorreactor y secada a 50 °C (LB50°C); esto tiene concordancia con los datos reportados por Zeng y Gao, (2012) quienes determinaron un pH de 3,48 en un tiempo de 12 a 15 horas de fermentación llevada en un biorreactor por bacterias lácticas en harina de maíz. Este comportamiento responde a un modelo logarítmico (figura 6) debido al crecimiento microbiano responsable de la fermentación.

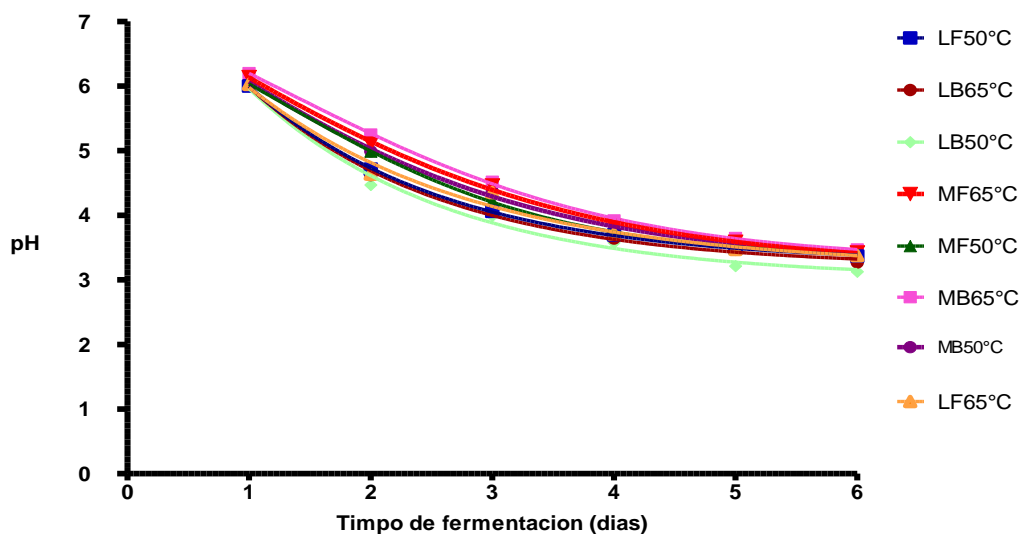


Figura 6. pH de las muestras de almidón de maíz durante 6 días de fermentación.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Acidez

La determinación de la acidez del almidón fermentado del maíz para todas las muestras se realizó, por el método de titulación descrito por la AOAC 02-31 (anexo A-2).

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 7, donde se observa el comportamiento ascendente de la acidez con valores que van desde 0,19 hasta 0,72 de ácido láctico en la etapa de fermentación de 6 días. La acidez más alta obtenida al finalizar el proceso fermentación fue 0,72 de ácido láctico en la muestra licuada, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (LB50°C). Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los datos reportados por Ginneth y Arguello, (2010) quienes determinaron la acidez de 0,56 en tres días de fermentación natural de una bebida de maíz. El incremento de la acidez durante el proceso de fermentación (figura 7), se debe al crecimiento microbiano quienes rompen las moléculas de almidón liberando glucosa para ser convertida en ácido láctico (Vargas, 2010).

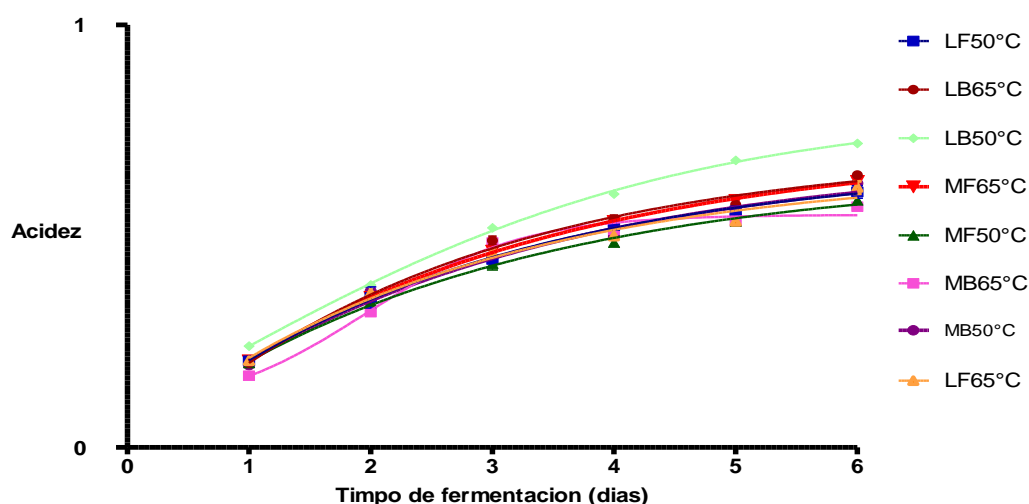


Figura 7. Acidez de las muestras de almidón de maíz durante la etapa de fermentación de 6 días.

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico de aerobios totales, mohos y levaduras en todas las muestras por replicas al inicio y final de la fermentación, mediante el procedimiento descrito por la AOAC 991.14 para siembras en placas de Petrifilm^T, utilizando una dilución 10^{-3} (anexo A-3). Este análisis se realizó para determinar el crecimiento de la carga microbiana conforme avanzaba el tiempo de fermentación.

En la Tabla 2, se muestra los resultados del análisis microbiológico, donde se observa un incremento en el crecimiento de mohos y levaduras desde 0 hasta $1,0E+03$ UFC/g durante la etapa de fermentación de igual manera los aerobios totales presentaron un crecimiento de $5,0E+02$ hasta $6,95E+04$ UFC/g. El crecimiento más bajo de mohos y levaduras al final de la fermentación fue de $5,00E+02$ UFC/g en la muestra licuada, fermentada en funda plástica y secada a 65°C (LF65°C), la misma que presentó el mayor crecimiento de aerobios totales de $6,95E+04$ UFC/g. Los datos obtenidos son diferentes a los reportados por Vargas (2010), quien determinó el contenido de aerobios totales de $5,94*10^4$ UFC/g hasta $7,10*10^{11}$ UFC/g en el almidón de yuca fermentado por 30 días.

Tabla 2. Contenido de aerobios totales, mohos y levaduras (UFC/g) en las muestras de almidón fermentado de maíz al inicio y final de la fermentación.

Muestras	Recuento de Aerobios totales (UFC/g)		Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	
	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales
MB50°C	5,00E+02	6,00E+04	0	1,00E+03
MB65°C	1,00E+03	5,90E+04	0	5,00E+02
MF50°C	1,00E+03	6,90E+04	0	1,00E+03
MF65°C	1,00E+03	6,90E+04	0	5,00E+02
LB50°C	1,00E+03	6,75E+04	0	5,00E+02
LB65°C	1,00E+03	6,80E+04	0	1,00E+03
LF50°C	1,00E+03	6,80E+04	0	1,00E+03
LF65°C	2,00E+03	6,95E+04	0	5,00E+02

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Rendimiento

En la Tabla 3, se registran los datos promedios del rendimiento de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar cuyos valores oscilan entre 66 y 78,89 %. Las muestras fermentadas extraídas mediante licuado presentan mayor rendimiento en comparación a las muestras extraídas mediante molienda y almidón sin fermentar.

Tabla 3. Humedad (%) y rendimiento (%) de las muestras de almidón fermentado y almidón sin fermentar de maíz.

Muestras	Rendimiento (%)	Humedad (%)
MB50°C	66,67± 0,02	13,50 ± 0,00
MB65°C	67,22± 0,00	14,35 ± 0,21
MF50°C	67,22± 0,01	13,90 ± 0,21
MF65°C	66,00± 0,00	13,60 ± 0,00
LB50°C	78,89± 0,08	14,20 ± 0,00
LB65°C	71,11± 0,00	12,70 ± 0,00
LF50°C	78,33± 0,03	13,15 ± 0,21
LF65°C	78,78± 0,04	13,90 ± 0,14
Almidón sin fermentar	69,38± 0,01	12,00 ± 0,00

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Los resultados son los promedios ± desviación estándar

Humedad

El contenido de agua en las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón natural se determinó por el método de secado según el procedimiento de la AOAC 964.22 utilizando una estufa marca Memmert y una balanza analítica la cual presenta los resultados con $\pm 0,05$ de desviación estándar (anexo A-4).

En la Tabla 3, se registran los datos promedios de la humedad de las muestras de almidón fermentado de maíz cuyos valores oscilan entre 12,7 y 14,3 %, la muestra de almidón sin fermentar presentó un valor de 12 %. Estos valores están en el rango establecido por el Mixolab entre 12 y 14 % para calcular la cantidad de muestra y agua que el equipo requiere, utilizando una hidratación de 64 % y una base 14 es decir que el contenido de agua de las muestras deben ser máximo de 14%.

4.1.2 Comportamiento farinográfico del almidón fermentado de maíz

El comportamiento farinográfico de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar fueron determinados siguiendo el procedimiento descrito en el manual del Mixolab Chopin+ (anexo A-6). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características farinograficas de los almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar.

Muestras	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo(min)	Estabilidad (min)	Debilitamiento (UF)
MB50°C	63,5 \pm 0,71 ^c	10,50 \pm 0,71 ^e	1,75 \pm 0,35 ^a	0 \pm 0,00 ^a
MB65°C	63 \pm 0,00 ^{b,c}	3,00 \pm 0,71 ^b	1,5 \pm 0,00 ^a	0 \pm 0,00 ^a
MF50°C	61 \pm 0,00 ^b	5,50 \pm 0,00 ^c	1,5 \pm 0,00 ^a	0 \pm 0,00 ^a
MF65°C	61 \pm 0,00 ^{b,c}	10,00 \pm 0,00 ^{d,e}	1,5 \pm 0,00 ^a	22 \pm 0,00 ^a
LB50°C	66 \pm 0,00 ^e	1,50 \pm 0,00 ^a	1,5 \pm 0,00 ^a	140 \pm 0,00 ^c
LB65°C	63 \pm 0,00 ^{b,c,d}	1,50 \pm 0,00 ^a	1,5 \pm 0,00 ^a	138 \pm 0,00 ^c
LF50°C	63 \pm 1,41 ^{b,c,d}	10,25 \pm 0,35 ^e	1,5 \pm 0,00 ^a	98 \pm 1,41 ^b
LF65°C	64 \pm 0,00 ^d	6,00 \pm 2,83 ^{c,d}	1,5 \pm 0,00 ^a	93 \pm 2,83 ^b
Al. sin fermentar	55 \pm 0,00 ^a	2,50 \pm 0,00 ^{a,b}	1,5 \pm 0,00 ^a	21 \pm 0,00 ^a

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Los resultados son los promedios \pm desviación estándar. Los promedios con letras diferentes (en superíndices) en un misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Absorción de agua

La absorción de agua representa la cantidad necesaria de agua que debe absorber el almidón para alcanzar una consistencia de 1.1 Newton, metro (Nm) durante el amasado (figura 8), este parámetro es distintivo de cada almidón que refleja en cierto modo la naturaleza de su estructura y determina sus cualidades plásticas.

Los resultados obtenidos demostraron que las muestras de almidón fermentado absorben mayor cantidad de agua entre 61 y 66% comparándola con el almidón sin fermentar que presentó menor absorción con un valor de 55 % (tabla 4). La absorción de agua más alta fue de 66% en la muestra licuada, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (LB50°C). Este valor puede estar influenciado por la presencia de almidones dañados producidos durante la extracción, los cuales absorben cuatro veces el peso del grano (Moiraghi, Ribotta y Aguirre, 2005). La absorción de agua del almidón fermentado de maíz tiene concordancia con los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó una absorción de agua de 63,7 % en harina de trigo importado.

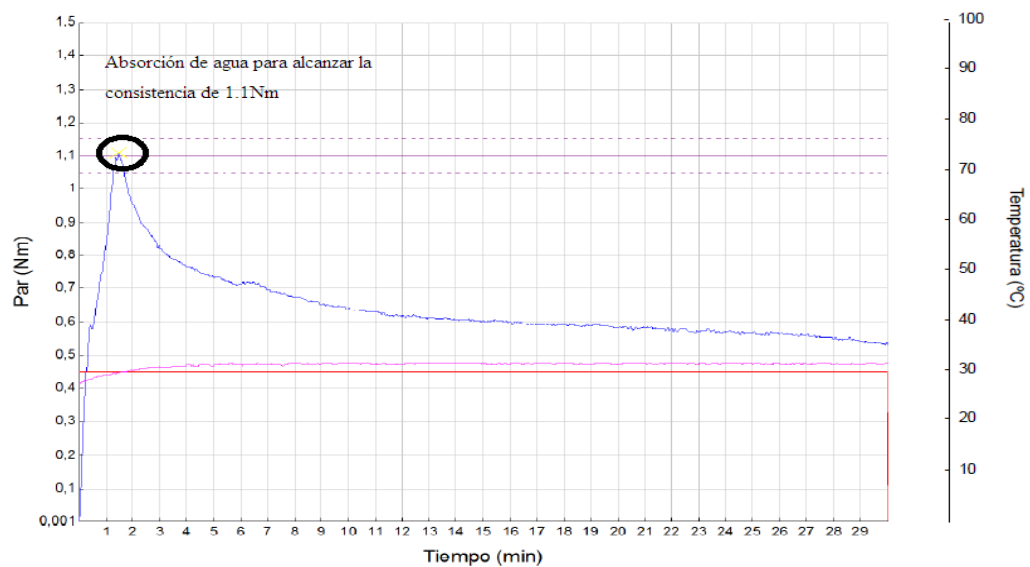


Figura 8. Absorción de agua del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Tiempo de desarrollo

El tiempo de desarrollo de la masa indica el tiempo necesario para alcanzar la consistencia de 1.1 Nm después de haber añadido agua (figura 9), clasificando en tiempo de desarrollo rápido y tiempo de desarrollo lento (De la Valle, 2004).

En la Tabla 4, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) para el tiempo de desarrollo de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar con valores de 1,5 a 10,5 min. El tiempo más bajo de desarrollo fue de 1,5 min en las muestras licuadas, fermentadas en un biorreactor y secadas a 50°C y 65°C (LB50°C), (LB65°C), con respecto al almidón sin fermentar 2,5 min, es decir el desarrollo de la masa es más rápido.

Los resultados de tiempo de desarrollo indicaron que la mayoría de las muestras de almidón fermentado necesitaron tiempos mayores a 5,50 min para la formación de la masa. Estos valores son mayores a los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó un tiempo de desarrollo de 4,5 min en harina de trigo importado. Este hecho puede estar asociado con la velocidad de absorción de agua y la dificultad de los almidones para formar una masa viscoelástica lo que puede producir la fatiga de la masa y pérdida de cohesión (Matos y Rosell, 2008).

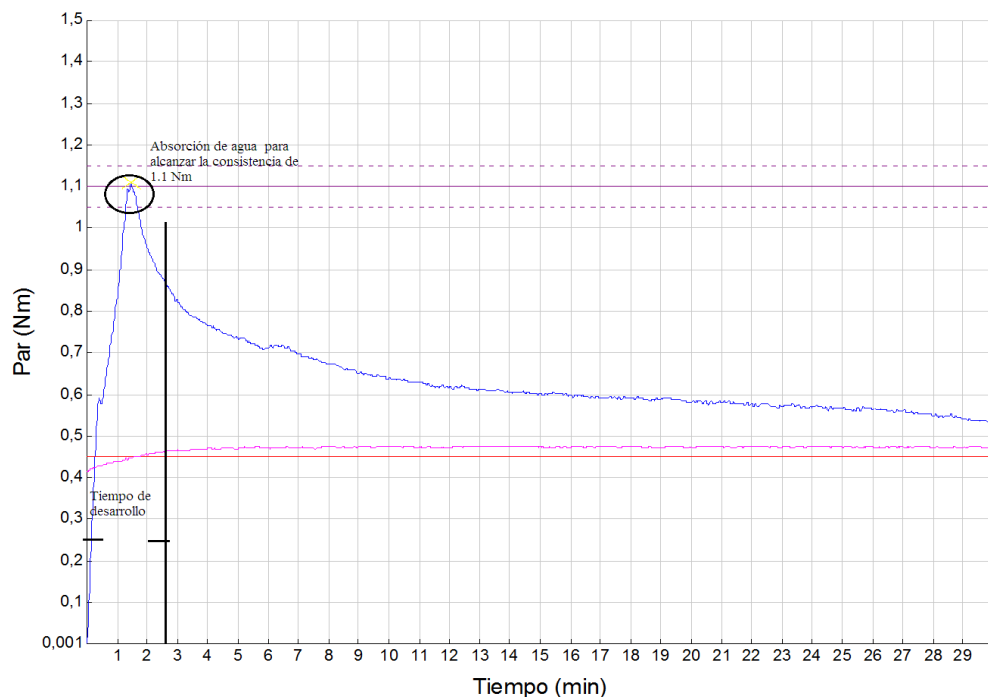


Figura 9. Tiempo de desarrollo del almidón fermentado de maíz
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Estabilidad

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene su máxima consistencia. Se mide por el tiempo de la curva que se encuentra sobre 1.1 Nm como se observa en la Figura 10.

La estabilidad de la masa de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar no presentan diferencias significativas ($p>0,05$), con valores entre 1,5 a 1,75 min. Estos valores son menores a los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó una estabilidad de 7,90 min en harina de trigo importado. Este hecho se ve influenciado por la ausencia de gluten en el almidón de maíz ya sea fermentado o sin fermentar, siendo esta proteína la responsable de formar una red viscoelástica y retener el gas carbónico producido en la fermentación de la masa y mantener por mayor tiempo la estabilidad (Lugo, 2010).

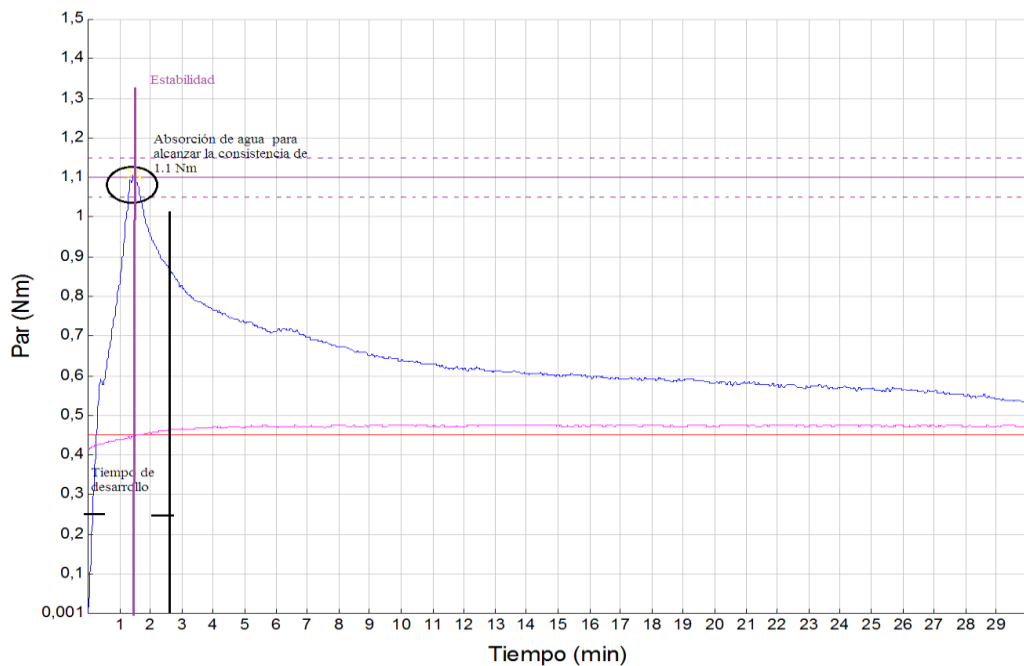


Figura 10. Estabilidad del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Debilitamiento

El debilitamiento representa la caída de la curva, durante un periodo determinado del amasado como se observa en la Figura 11.

El debilitamiento de la masa en las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar oscila desde 0 hasta 140 Unidades Farinograficas (UF), presentando diferencias significativas ($p<0,05$) entre ellas (tabla 4). El mayor debilitamiento fue de 140 UF en la muestra fermentada en el biorreactor y secada a 50 °C (LB50°C) lo que refleja que la harina se debilita rápidamente después de alcanzar su máximo desarrollo, mientras que las muestras de almidón fermentado obtenidas mediante molienda presentaron mayor tolerancia al amasado con valores

< 21 UF; estos valores se encuentran dentro del rango óptimo para panificación de 0 a 30 UF en harinas de trigo (Pulluquitín, 2012).

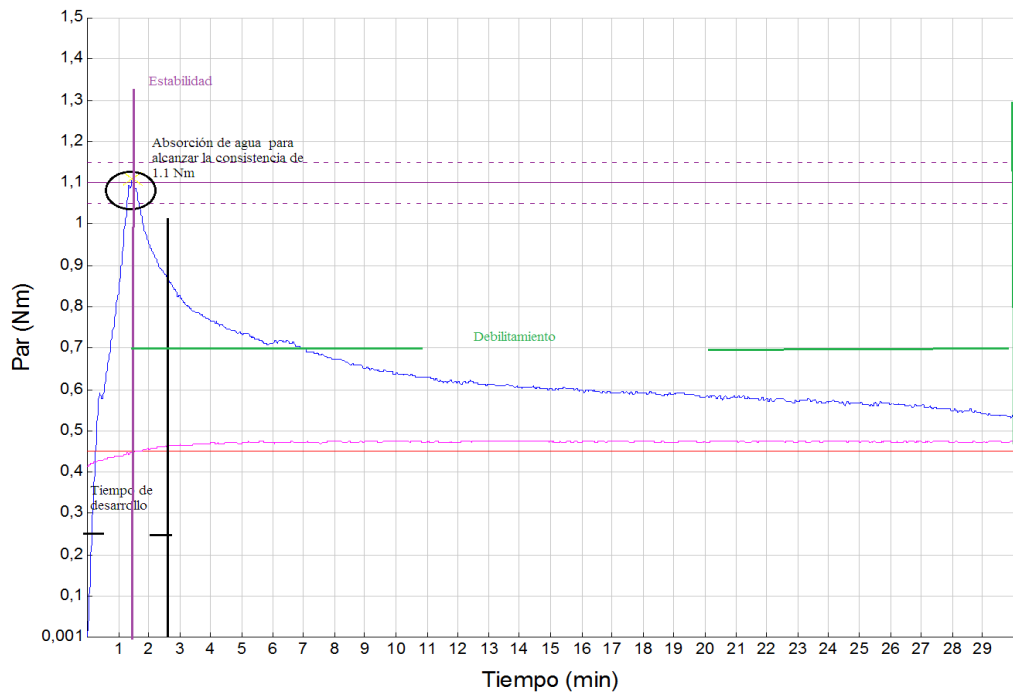


Figura 11. Debilitamiento del almidón fermentado de maíz
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

4.1.3 Reología de la masa del almidón fermentado de maíz

Se determinó las propiedades reológicas siguiendo el procedimiento descrito en el manual del Mixolab Chopin (anexo A-5), este equipo permite obtener un análisis completo de las características funcionales del almidón en un solo ensayo automático de 45 minutos con una velocidad de mezclado de 80 rpm, al anticipar su comportamiento durante el amasado y cocción. Los resultados emitidos por el Mixolab son: Desarrollo de la masa C1, poder de hinchamiento del almidón C2, gelatinización del almidón C3, actividad amilásica C4 y retrogradación C5, sus datos se representan en la Tabla 5, en valores de fuerza del torque o Par (Nm).

Tabla 5. Reología de la masa de los almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar.

Muestras	C1 (Nm)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)
MB50°C	1,08±0.00	0,43±0.00 ^c	2,61±0.00 ^{b,c}	2,27±0,04 ^{a,b}	2,48±0.00 ^a
MB65°C	1,07±0.01	0,00±0.00 ^a	2,88±0,01 ^{c,d}	2,40±0,03 ^{a,b}	2,88±0,15 ^b
MF50°C	1,08±0.01	0,44±0,01 ^c	2,63±0,02 ^{b,c}	2,26±0,03 ^{a,b}	2,67±0,02 ^a
MF65°C	1,08±0,01	0,29±0,02 ^b	2,39±0,18 ^b	2,22±0,01 ^b	2,99±0,21 ^b
LB50°C	1,15±0,00	0,00±0.00 ^a	2,10±0.00 ^a	2,12±0.00 ^a	2,53±0.00 ^a
LB65°C	1,10±0,01	0,26±0,01 ^b	2,99±0,02 ^d	2,18±0,01 ^{a,b}	2,80±0,04 ^b
LF50°C	1,08±0,02	0,00±0,00 ^a	2,41±0,007 ^b	2,14±0,12 ^a	2,56±0,12 ^a
LF65°C	1,1±0,01	0,00±0,00 ^a	2,96±0,41 ^d	2,11±0,01 ^a	2,59±0,01 ^b
Al. sin fermentar	1,15±0,00	0,28±0.00 ^b	3,03±0,0 ^e	2,40±0,0 ^{a,b}	2,88±0.00 ^b

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Los resultados son los promedios ± desviación estándar. Los promedios con letras diferentes (en superíndices) en un misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Desarrollo de la masa (C1)

El desarrollo de la masa se determinó a temperatura constante de 30 °C durante los primeros 8 minutos de la curva del Mixolab como se observa en la Figura 12, este principio permite calibrar al equipo en una consistencia de 1,05 a 1,15 Nm para el desarrollo de la masa y tener datos confiables de las demás propiedades reológicas.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5, donde se observa que el desarrollo de masa de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar fluctúan entre 1,08 a 1,15 Nm; estos valores son iguales a los reportados por Lascano, (2010) quien determino un tiempo de desarrollo de 1.13 Nm en la harina de trigo importado. Este parámetro depende de la humedad y del porcentaje de hidratación, pues cuando transcurre los 8 minutos el valor de C1 puede ser bajo con respecto al rango de referencia 1,05 Nm, lo cual indica que la muestra está húmeda, mientras que el valor de C1 es mayor al rango de referencia de 1,15 Nm, indica que la muestra está seca (Manual del Mixolab, 2009).

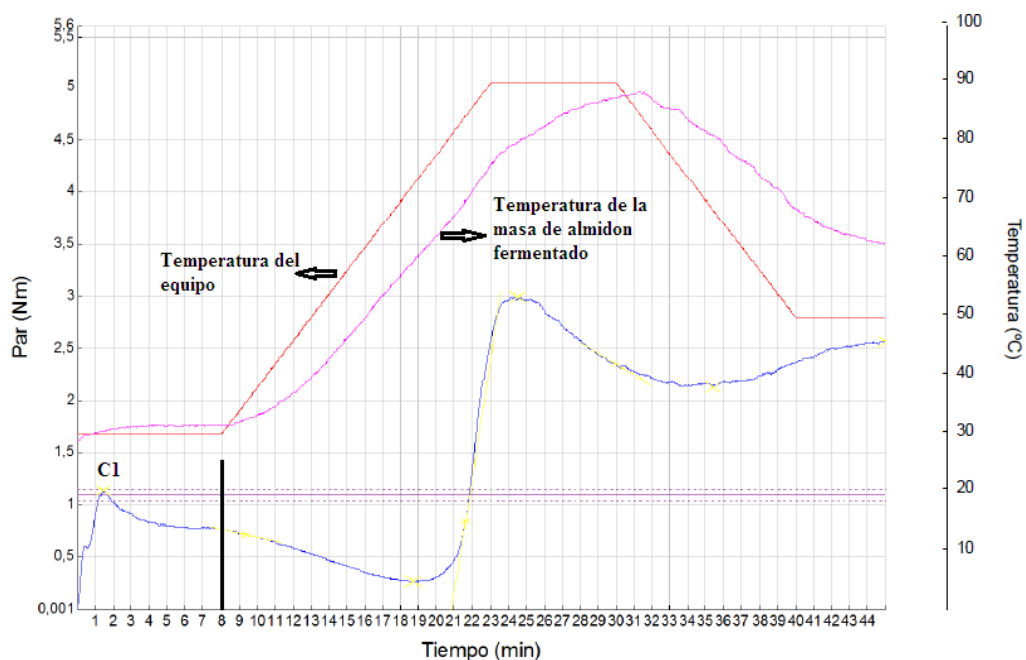


Figura 12. Desarrollo de la masa (C1) del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Poder de hinchamiento del almidón (C2)

Al analizar muestras sin contenido de gluten en el Mixolab, el parámetro C2 representa la capacidad de hinchamiento de los gránulos de almidón. En esta fase se incrementa la temperatura de 30 a 60°C, provocando un incremento en el volumen y pérdida de cristalinidad en los gránulos del almidón por la solubilización de la amilosa (Matos y Rosell, 2008).

En la Tabla 5, se observan diferencias significativas entre los valores obtenidos de las muestras de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar ($p < 0,05$) para el poder de hinchamiento, sus valores oscilan entre 0 a 0,48 Nm. Las muestras LB50°C, LF50°C, LF65°C y MB65°C mostraron una fuerza debida al poder de hinchamiento igual a 0 Nm, mientras que las muestras MB50°C, MF50°C, MF65°C, LB65°C y almidón sin fermentar presentaron una fuerza entre 0,26 a 0,43 Nm. La intensidad de la fuerza dependen del tamaño de los gránulos, relación amilosa/amilopectina y capacidad de absorción de agua del almidón (Dubat, Rosell y Gallagher, 2014).

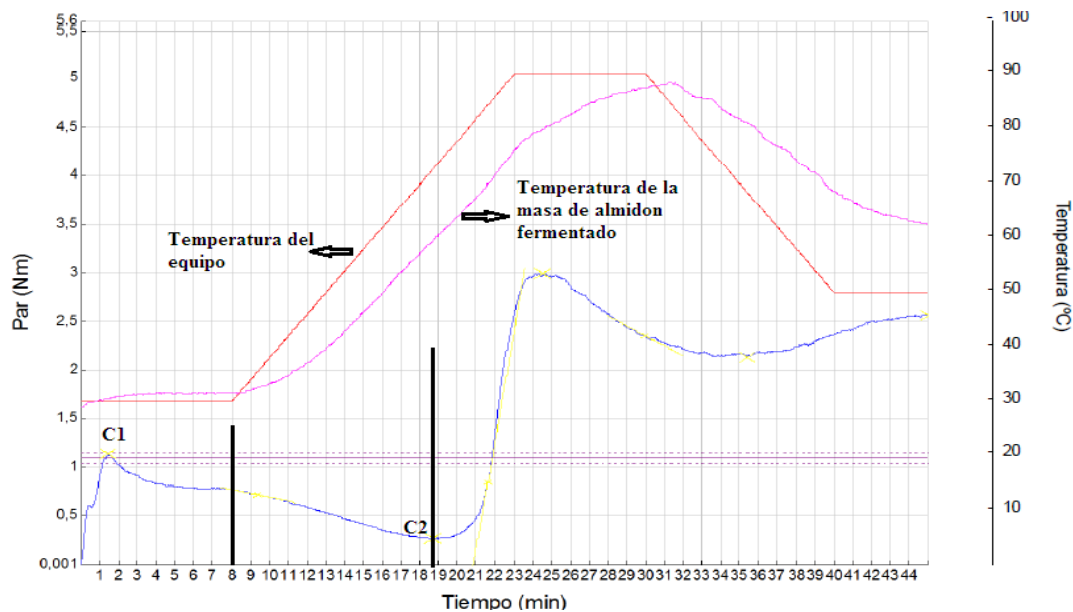


Figura 13. Poder de hinchamiento (C2) del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Gelatinización del almidón (C3)

La gelatinización se da cuando los gránulos hinchados de almidón pierden la estructura cristalina formando un gel por la liberación de la amilosa (Chopin Technologies, 2012). La fuerza registrada por el Mixolab procede del gel que se vuelve más espeso, o más viscoso al incrementar la temperatura de 55 a 60°C en un intervalo de tiempo de 18 a 25 min como se observa en la Figura 14.

En la Tabla 5, se observan diferencias significativas entre la fuerza de las muestras de almidón fermentado y sin fermentar ($p < 0,05$) para la gelatinización con valores que varían desde 2,10 hasta 3,03 Nm. Los valores de las muestras de almidón fermentado son menores al comparar con la fuerza de gelatinización del almidón sin fermentar con un valor de 3,03 Nm, según Pineda (2013), una fuerza mayor de gelatinización del almidón se ve influenciada por la alta viscosidad y ausencia de almidón dañado.

Por otro lado los resultados obtenidos en esta investigación son mayores al comparar con los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó una fuerza para la gelatinización de 1.08 Nm en harina de trigo importado. Esta diferencia puede atribuirse al tamaño de los gránulos, velocidad de calentamiento, contenido de humedad de la muestra, daño mecánico de los gránulos, historial térmica de la

muestra, condiciones de extracción del almidón o harina, tipo y cantidad de almidón (Pineda y Coral, 2010).

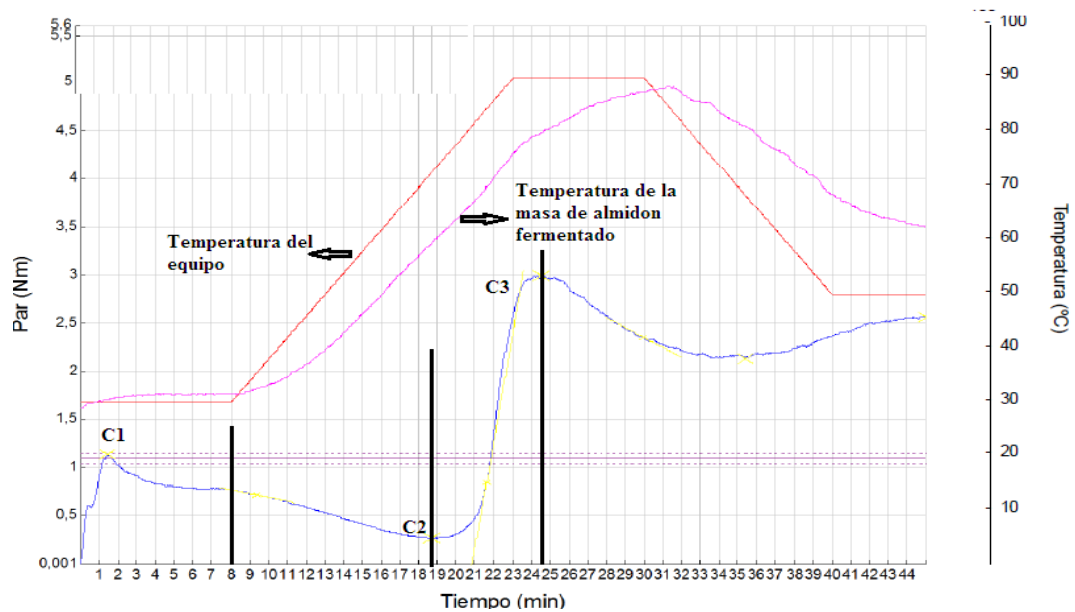


Figura 14. Gelatinización del almidón fermentado de maíz (C3).
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Actividad amilásica (C4)

La actividad amilásica se determinó cuando la temperatura aumenta de 55 a 90 °C entre 25 a 35 minutos en la curva del Mixolab (figura15), la fuerza registrada en el equipo procede esencialmente del almidón gelatinizado (Chopin Technologies, 2012).

Los resultados presentados en la Tabla 5, muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras de almidón fermentado y sin fermentar para la actividad amilásica donde sus valores fluctúan entre 2,11 hasta 2,40 Nm. La fuerza más alta producida fue de 2,40 Nm en la muestra molida fermentada en un biorreactor y secada a 65°C (MB65°C); este valor es similar al obtenido por el almidón sin fermentar de 2,40 Nm, considerando que las muestras tienen una actividad amilásica baja de acuerdo con lo mencionado por Dubat, Rosell y Gallagher (2014), quienes indican que valores de C4 mayores tienen menor actividad amilásica y los valores de C4 menores representan mayor actividad amilásica.

Los resultados obtenidos en esta investigación son mayores al comparar con los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó una fuerza para la actividad

amilásica de 1.08 Nm en harina de trigo importado, lo que indica que las muestras de almidón fermentado y almidón natural tiene una baja actividad amilásica dando como resultado una masa blanda.

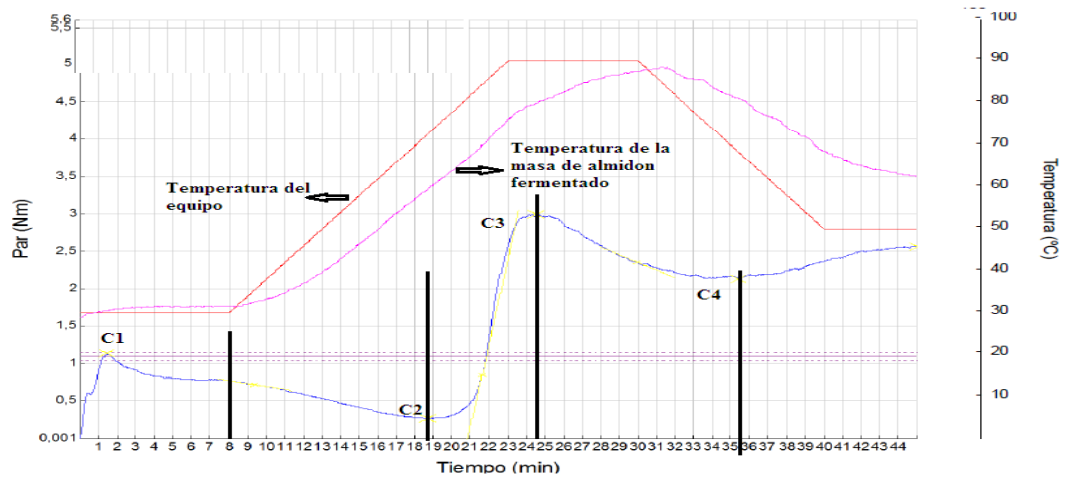


Figura 15. Actividad amilásica (C4) del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Retrogradación del almidón (C5)

La recristalización del almidón se determinó en la curva del Mixolab durante la disminución de la temperatura de 90 a 50 °C en el tiempo aproximado de 36 a 45 min (figura 16). La disminución de la temperatura provoca que la amilosa hidratada forme puentes cruzados de hidrogeno en las secciones lineales de la amilopeptina dando como resultado una estructura más rígida lo cual se traduce en un aumento de la firmeza de la miga y pérdida de agua (Panera, 2009).

En la Tabla 5, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$), en la fuerza para la retrogradación de las muestras de almidón fermentado y sin fermentar de maíz con valores que varían entre 2,48 hasta 2,99 Nm. La fuerza más baja para la retrogradación fue de 2,48 Nm en la muestra molida, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (MB50°C). La fuerza más alta fue 2,99 Nm en la muestra molida, fermentada en una funda plástica y secada a 65°C (MF65°C) siendo este valor similar al del almidón sin fermentar 2,99 Nm, es decir en estas muestras la retrogradación es más rápida según lo mencionado por Dubat (2011), cuando el valor de C5 es menor la retrogradación es más lenta prologando así el tiempo de vida útil del producto final y cuando el valor del C5 es mayor la retrogradación se da más rápida.

Por otro lado los resultados obtenidos en esta investigación son mayores al comparar con los datos reportados por Lascano, (2010) quien determinó una fuerza para la retrogradación de 1.15 Nm en harina de trigo importado, lo que indica que el producto final a base de harina de trigo tendrá tiempos más prolongados de conservación.

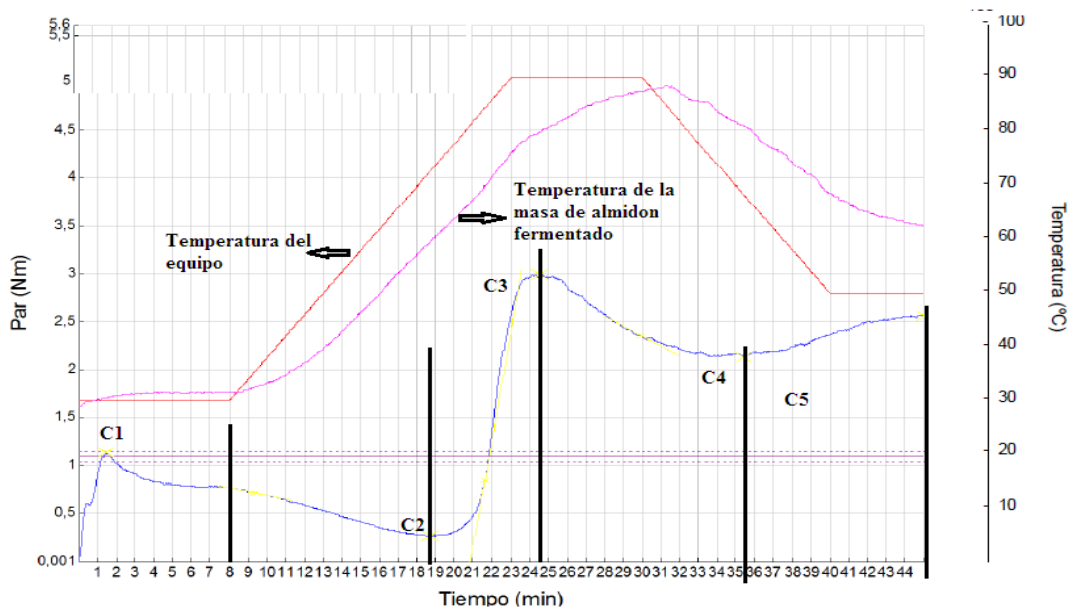


Figura 16. Retrogradación (C5) del almidón fermentado de maíz.
Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

4.1.4 Propiedades panificables

Los análisis de las propiedades panificables fueron realizados en el Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Santa Catalina. Dentro de las propiedades panificables se determinó el volumen, volumen específico y textura en las muestras de pan tanto de almidón fermentado como del almidón sin fermentar. Los resultados promedios de 5 réplicas se representan en la Tabla 6.

Tabla 6. Propiedades de las muestras de pan de almidones fermentados de maíz y almidón sin fermentar.

Muestras	Volumen (cm ³)	Volumen específico (cm ³ /g)	Textura (N)
MB50°C	61,2 ± 0,45 ^e	2,66 ± 0,06 ^e	18,30 ± 0,44 ^a
MB65°C	48,2 ± 0,45 ^a	2,09 ± 0,02 ^a	39,34 ± 0,59 ^e
MF50°C	59,2±0,45 ^d	2,57 ± 0,04 ^d	27,37 ± 0,60 ^c
MF65°C	51,4 ± 0,55 ^b	2,24 ± 0,02 ^b	44,39 ± 0,72 ^f
LB50°C	55,0 ± 0,71 ^c	2,39 ± 0,03 ^c	18,22 ± 0,52 ^a
LB65°C	53,8 ± 0,45 ^c	2,34 ± 0,04 ^c	30,28 ± 0,66 ^d
LF50°C	54,0 ± 0,71 ^c	2,33 ± 0,02 ^c	23,75 ± 0,82 ^b
LF65°C	48,8 ± 0,45 ^a	2,12 ± 0,02 ^a	30,58 ± 0,77 ^d
Almidón sin fermentar	50,8 ± 0,84 ^a	2,19 ± 0,08 ^a	41,6 ± 0,80 ^f

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Los resultados son los promedios ± desviación estándar. Los promedios con letras diferentes (en superíndices) en un misma columna indican diferencias significativas (p<0,05)

Volumen de pan

El volumen de las muestras de pan de almidón fermentado de maíz y almidón sin fermentar se determinó mediante el método de desplazamiento de semillas establecido en la Norma INEC 530 (anexo A-7) utilizando semillas de amaranto.

En la Tabla 6, se observa que las muestras de pan de almidón fermentado y almidón sin fermentar presentan diferencias significativas (p<0,05) para el volumen, con valores entre 48,8 hasta 61,2 cm³, mientras que el pan elaborado con almidón sin fermentar de maíz tiene 50,4 cm³ (tabla 6). El volumen más alto fue de 61,2 cm³ de la muestra molida, fermentada en biorreactor y secada a 50°C (MB50°C), los datos obtenidos son similares a los reportados por López, Sandoval y Valencia (2012), quienes determinaron un volumen de 61,1 cm³ del pan de bono el cual es elaborado a partir de almidón fermentado de yuca y maíz. Pero los resultados obtenidos en esta investigación son menores al comparar con los datos reportados por Pulluquitín, (2012) quien determinó un volumen de 184, 40 cm³ en el pan de trigo.

Volumen específico del pan

En la Tabla 6, se observa que las muestras de pan de almidón fermentado y almidón sin fermentar presentan diferencias significativas (p<0,05) para el volumen específico con valores entre 2,12 a 2,66 cm³/g. El volumen específico más alto fue de

2,66 cm³/g en la muestra molida, fermentada en el biorreactor y secada a 50 °C (MB50°C); esto tiene similitud con los datos reportados por Suárez (2013), quien determino el volumen específico de 2,53 cm³/g en el pan sin gluten elaborado con almidón fermentado de yuca. Este parámetro está relacionado con la cantidad de celdas de aire presente en el interior durante la fermentación lo que implica producción de gas e incremento del volumen y la disminución de su peso durante el proceso de horneado.

Textura del pan

Se determinó la textura en las muestras de pan de almidón fermentado y almidón natural de maíz, siguiendo la metodología descrita en el manual del texturometró TA.XT2i (anexo A-8).

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6, donde se observa que las muestras de pan elaborado con almidón fermentado y secado a 65°C presentan mayor dureza y una similitud con la textura del pan de almidón sin fermentar, mientras que las muestras de pan elaborado con almidón fermentado y secado a 50°C (MB50°C), (MF50°C), (LB50°C), (LF50°C) obtuvieron los valores más bajos de textura de 18,30 a 27,37 N, notando que este parámetro está relacionado directamente con la retrogradación del almidón. Los datos obtenidos son mayores a los reportados por Pulluquitín, (2012), quien determinó la textura de 9,88 N en el pan de trigo, esta diferencia se puede atribuir a la ausencia de aditivos como enzimas o gomas que mejoren la textura del pan de almidón fermentado de maíz.

4.1.5 Análisis sensorial

El análisis sensorial del pan de almidón fermentado de maíz y la muestra testigo se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Santa Catalina, utilizando la escala hedónica descrita por la Norma INEN 530 (anexo A-9). A continuación se describe los datos promedios de los atributos sensoriales.

Tabla 7.-Datos de los atributos sensoriales del pan de almidón fermentado de maíz y pan de almidón sin fermentar

Muestras	Color de la corteza	Apariencia y simetría	Sabor	Color de la miga	Textura de la miga	Aceptabilidad
MB50°C	12,51±1,54 ^b	13,61±1,28 ^a	7,56±0,34 ^a	6,26±0,48 ^{a,b}	16,78±0,32 ^b	17,10±0,86 ^a
MB65°C	11,06±1,49 ^b	12,03±1,43 ^{a,b}	5,69±0,43 ^a	5,39±0,70 ^{a,b}	12,72±0,98 ^b	13,20±0,61 ^{a,b}
MF50°C	12,23±1,97 ^b	12,91±1,15 ^b	6,50±0,23 ^a	5,45±0,50 ^b	12,97±0,45 ^b	15,03±0,65 ^{a,b}
MF65°C	11,56±1,44 ^b	12,70±1,30 ^c	6,95±0,29 ^a	6,58±0,41 ^{a,b}	16,37±0,71 ^b	14,00±0,52 ^c
LB50°C	12,86±1,10 ^b	13,33±1,32 ^{a,b}	9,04±0,34 ^a	8,90±0,67 ^a	17,65±0,90 ^a	16,61±0,90 ^{a,b}
LB65°C	11,95±1,85 ^b	12,69±1,45 ^{a,b}	7,17±0,21 ^a	7,18±1,02 ^{a,b}	15,56±0,54 ^b	13,80±0,47 ^{a,b}
LF50°C	12,07±1,79 ^b	11,90±1,41 ^{a,b}	7,36±0,25 ^a	8,86±0,80 ^c	16,18±0,69 ^b	12,81±0,45 ^{a,b}
LF65°C	11,06±1,62 ^b	13,13±1,25 ^{a,b}	6,75±0,30 ^a	8,17±0,43 ^c	12,47±0,30 ^b	15,38±0,87 ^{a,b}
Muestras testigo (Almidón sin fermentar)	4,82±1,02 ^b	7,91±1,51 ^c	4,90±0,56 ^a	5,15±0,11 ^{a,b}	9,26±0,65 ^b	8,22±0,32 ^c

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

Los resultados son los promedios ± desviación estándar. Los promedios con letras diferentes (en superíndices) en un misma columna indican diferencias significativas (p<0,05)

Color de la corteza del pan

El color es una característica peculiar del pan producida por las altas temperaturas que provocan las reacciones de Maillard y la caramelización de azúcares dando el color, olor y sabor característico del pan (INEN, 530). En la Tabla 7, se determinó que la muestra testigo presenta diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a las muestras de almidón fermentado.

Apariencia o simetría del pan

La apariencia es el aspecto exterior del pan, reflejado en su simetría, una forma redonda que no presenta hundimiento o alguna deformación (Lascano, 2010). La prueba de comparación múltiple de Tukey para la apariencia al 5% de significancia indica que las muestras son heterogéneas. Sus valores promedios son de 4,8 a 13,5 calificando al pan desde muy bueno a malo sobre 15 puntos. Las muestras MB50°C y LB50°C tienen los mejores puntajes de 13,6 a 13,3 lo que indica que tiene una apariencia buena. Por otro lado Vargas (2010), indica que el almidón fermentado al mezclarse con otros ingredientes forma una masa homogénea y suave dando mejor apariencia y miga de pan.

Sabor del pan

El sabor del pan procede de un conjunto de reacciones químicas que intervienen como la reacción de Maillard y la fermentación de las levaduras produciendo ácidos orgánicos responsables del sabor y olor característicos del pan (Aquino, 2013). En la Tabla 7, se observa que las muestras de pan elaborados con el almidón fermentado y almidón sin fermentar no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellas, es decir los catadores no identificaron diferencias entre las muestras, calificando como muy agradables con valores que van desde 5,68 a 9,03 puntos sobre 10 puntos.

Color de la miga de pan

La miga del pan es la parte blanda y esponjosa del interior del pan, su color varía dependiendo del tipo de harina y los ingredientes, en panes elaborados a base de harina de trigo el color es blanco. En la Tabla 7, se observa que las muestras presentan diferencias entre ellas ($p < 0,05$) para el color de la miga de pan, sus promedios varían de 5,14 a 8,90 puntos sobre 10 puntos, calificando los catadores a

las muestras como muy agradables y agradables. Sin embargo se observa que las muestras LF65°C, LF50°C, LB65°C y LB50°C tuvieron los promedios más altos, por tener una miga de color blanco, esto se atribuye al proceso de extracción donde se elimina el pigmento amarillo de la casara del maíz durante el licuado y lavado del almidón.

Textura de la miga

La textura de la miga es el grado de elasticidad determinada con el sentido del tacto, donde 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 o desmenuzable (Norma INEN 530).

El análisis estadístico correspondiente al atributo de la textura de la miga ($p < 0,05$), establece diferencias entre la muestra de pan de almidón sin fermentar de maíz con las muestras elaboradas a partir de almidón fermentado de maíz presentado promedios de 12,4 a 17,6 puntos sobre 30 puntos (tabla 7), calificando a las muestras como buena textura de miga.

Aceptabilidad del pan

La aceptabilidad de un alimento es la valoración que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación y al conjunto de atributos, permitiendo definir cuál es el tratamiento que prefiere el consumidor; es decir, si es aceptable o no en el mercado. En la Tabla 7, se establece que la muestra testigo presenta diferencia significativa ($p < 0,05$) con respecto a las muestras de almidón fermentado con valores promedios entre 12,80 hasta 17,10 puntos sobre 20 puntos. La calificación dada por los catadores indica que el pan de almidón fermentado de maíz tiene una buena aceptabilidad.

4.1.5 Perfil sensorial

El perfil sensorial es una técnica que permite reconocer los atributos sensoriales. En la Figura 17, se observa que la muestra licuada fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (LB50°C) y la muestra molida, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C

(MB50°C) tienen mejores puntuaciones en los atributos sensoriales como color de la corteza, apariencia o simetría, sabor, color de miga, textura de miga y aceptabilidad.

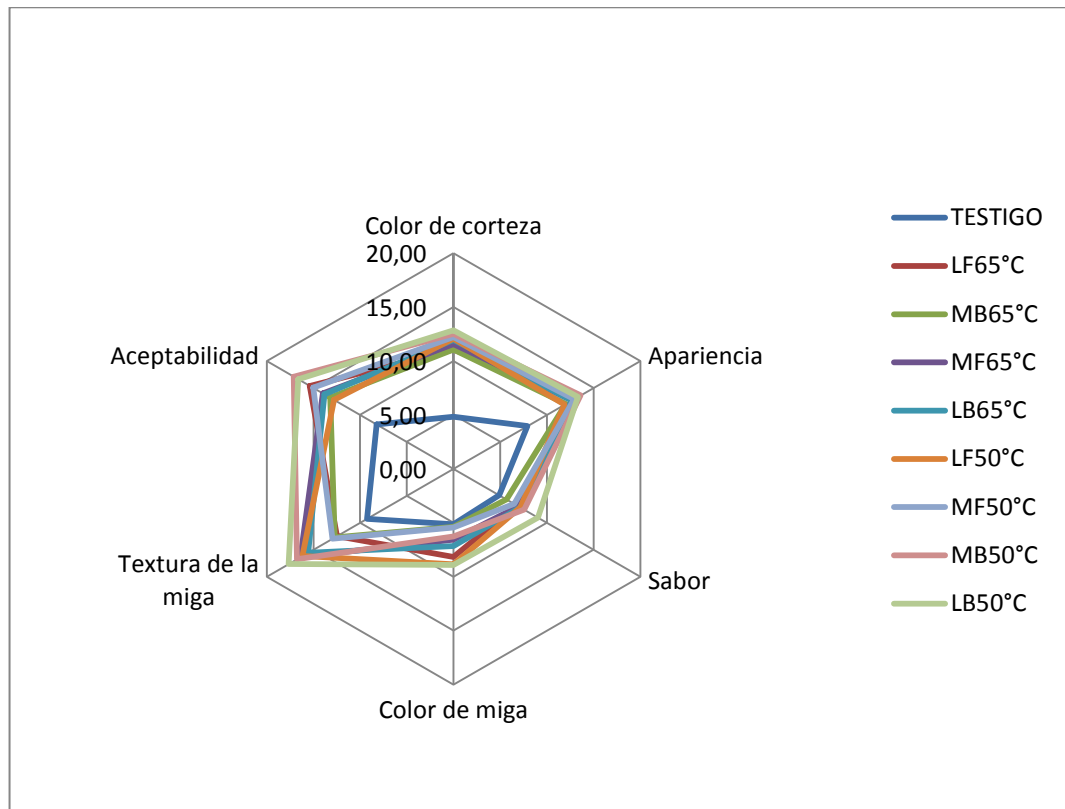


Figura 17. Promedio de los atributos sensoriales del pan de almidón fermentado de maíz.

Elaborado por: Acurio Patricia, 2015

4.2 Verificación de hipótesis

En base a todo lo mencionado y puesto que a un nivel de confianza del 95% se determinó una diferencia significativa, se acepta la hipótesis alternativa, es decir el método de extracción (molido: licuado), método de fermentación (biorreactor: funda plástica) y temperatura de secado (50°C: 60°C) si influyen en las propiedades reológicas y panificables del almidón fermentado de maíz.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis de los datos del comportamiento farinográfico, determina que las muestras de almidón fermentado absorben mayor cantidad de agua en un rango de 61 a 66 %, con respecto al almidón sin fermentar que se obtuvo el 55 %. Los resultados de tiempo de desarrollo indicaron que la mayoría de las muestras de almidón fermentado necesitaron tiempos mayores a 5,50 min para la formación de la masa, con respecto al almidón sin fermentar que obtuvo 2,5 min. La estabilidad de las muestras de almidón fermentado presentaron promedios de 1,5 a 1,75 min, estos valores son iguales al del almidón sin fermentar. Finalmente, el índice de debilitamiento determinó que las muestras de almidón fermentado obtenidas mediante molienda presentaron mayor tolerancia al amasado con valores < 21 UF.
- En el comportamiento reológico, las muestras de almidón fermentado de maíz presentaron una fuerza de desarrollo de la masa entre 1,08 a 1,15 Nm, los mismos que son semejantes al del almidón natural de maíz 1,15 Nm. La muestra de almidón natural presentó los valores más altos de par registrados en el Mixolab para la gelatinización (3,03 Nm) y actividad amilásica (2,40 Nm), lo que indica que tiene mayor viscosidad y baja actividad amilásica, en relación al almidón fermentado de maíz. En cuanto al contenido de retrogradación la muestra molida, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (MB50°C), presenta una menor fuerza de 2,48 Nm, es decir la retrogradación fue más lenta prologando así el tiempo de vida útil del producto final.
- La muestra molida, fermentada en un biorreactor y secada a 50°C (MB50°C), presentó las mejores propiedades panificables en cuanto a volumen (61,2 cm³), volumen específico (2,66 cm³/g) y textura (18,30 N). En la evaluación sensorial las muestras (MB50°C) y (LB50°C) presentaron los

mejores atributos sensoriales en cuanto al color de la corteza, simetría, sabor, color de miga, textura de miga y aceptabilidad presentando una alta acogida por parte de los consumidores.

5.2 Recomendaciones

- Para el análisis en el Mixolab se recomienda medir la humedad del almidón cada vez que se realice el análisis y tener cuidado al limpiar el sensor de temperatura.
- Para la medición en las propiedades panificables se recomienda elaborar panes del mismo peso y someterles a iguales condiciones de horneado y almacenamiento para evitar la influencia de otros factores sobre las respuestas.
- Utilizar biorreactores con sistemas de control de pH y temperatura, que facilite el registro del pH y la toma de muestras para el análisis microbiológico, debido que la toma de muestras en biorreactores adaptados toma demasiado tiempo al abrir y cerrar, además puede causar la contaminación.
- Efectuar estudios que permitan identificar que microorganismos son responsables de la fermentación natural del almidón de maíz y su contenido de ácido láctico mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC).
- Efectuar estudios que permitan identificar la digestibilidad del almidón fermentado de maíz variedad INIAP 122.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- A.O.A.C. (1995).** *Official methods of analysis*. USA: Chemistry.
- AACC. (1995).** *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. USA: The Association, St. Paul, MN.
- Acuña, M. (2012).** *Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados*. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Ingeniero en Alimentos: <http://www.bdigital.unal.edu.co/9785/1/107519.2012.pdf>
- Aquino, E. (2013).** *Elaboración de galletas de sal utilizando harina de trigo (Triticum aestivum) nacional con la variedad INIAP- cojitambo con suplementos parciales de harina de trigo*. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de Tesis de grado. Universidad Tecnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/6496/AL%20513.pdf?sequence=1>
- Arias, F. (2014).** \$ 15 millones se ahorrarían en importación de trigo. *El telegrafo*, págs. 3-4.
- Betancourt, Boteroa, & Ramírez. (2013).** Fermentación de maíz de alta calidad proteica con Lactobacillus. *Revista Argentina de Microbiología*, 282-283.
- Chochran, W. (2008).** *Diseños experimentales*. Mexico: Trillas editorial. México D.F.
- Chopin Technologies. (2012).** Comprender mejor la curva del Mixolab. *Concereal*, 2-5.
- De la Valle, A. (2004).** Efecto de la fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación. . *En U.d Puebla. Tesis de grado. Puebla-Mexico*, 2-3.
- Dubat, A. (2011).** El sistema del Mixolab. *El cub del pan*, 2-3.
- Dubat, A., Rosell, C., & Gallagher, E. (2014).** *Mixolab a New Appach to Rheology*. Recuperado el 4 de agosto de 2015, de <https://translate.google.com.ec/?hl=es-419#en/es/eimear%0Agallagher>

- FAO. (2009).** *Introducción al maíz y su importancia*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm>
- Gárces. (2012).** Maíz. La producción se incrementa y el descontento también. *Poderes*.
- Gil, A. (2010).** Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Madrid: Medica Panamericana.
- Ginneth, A., & Fula, A. (2010).** *Desarrollo de una Bebida Fermentada con Adición de Cocción de Maíz*. Recuperado el 2 de Febrero de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2387/1/107391.2010.pdf>
- Gómez, A. (2012).** Ecuador busca retornar a la sustentabilidad en trigo. *El Universo*, pág. 5.
- Guia de Interpretación de Placas Petrifilm. (2000).** *Placas Alta Sensibilidad para Recuento de Coliformes*. Madrid: España S.A.
- Gutiérrez, J. (2000).** *Ciencia Bromatológica, Principios generales de Alimentos*. España: Dias de Santos S.A.
- Hees, N., & Giltay, L. (2013).** Coeliac disease, diet adherence and depressive symptoms. *Journal of Psychosomatic Research*, 155-160.
- INIAP. (2011).** *Manejo integrado del maíz suave*. Quito: Modulo IV.
- Albán, J. (2013).** *Condición sensible hace difícil exportar maíz*, pág. 6.
- Lascano, A. (2010).** *Estudio de mezclas de harina de Cereales: Cebada (*Hordeum vulgare*), Maíz (*Zea mays*), Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Trigo (*Triticum vulgare*) y Tubérculo papa (*Solanum vulgare*) importado para obtener su uso en la elaboración de pan y pastas*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2014, de Tesis de Grado. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/808/browse?value=Lascano+Sumbana%2C+Alexandra+Virginia&type=author>
- López, A., Sandoval, E., & Valencia, J. (2012).** *Evaluación de las características físicas y texturales del pan de bono*. Recuperado el 7 de julio de 2015, de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n3/v61n3a09>
- Loza, S., & Gomes, E. (2008).** *Determinación de los parámetros óptimos del pan de yuca*. Recuperado el 4 de junio de 2015, de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/486/4/03%20AGI%20225%20RESUMEN.pdf>

- Lugo, B. (2010).** Análisis que Define la Calidad del Pan. *Magazine del Pan*, 9.
- Luna, W., & Mera, J. (2006).** *Producción de destrinas de yuca a partir de almidón nativo en la rallandería todoyuca ubicada en el corregimiento pescador (Municipio de Caldono, Departamento del Cauca)*. Recuperado el 30 de julio de 2015, de [file:///C:/Users/home/Downloads/tesis_rallanderias%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/home/Downloads/tesis_rallanderias%20(1).pdf)
- Manual del Mixolab, C. (Julio de 2009).** *Aplicaciones Mixolab manual, reológicas y análisis enzimático*. Recuperado el 2 de Julio de 2014, de http://www.chopin.fr/media/applications/091023_Mixolab_appli_EN.pdf
- Manual del Texturometro TA.XT2i. (2000).** *Texture Technologies*. Recuperado el 15 de Enero de 2015, de <http://www.texturetechnologies.com/texture-analyzers/TA-XTPlus-texture-analyzer.php>
- Matos, M., & Rusell, C. (2008).** *Quality Indicators of Rice Based Gluten-free Bread-like Products: Relationships*. Recuperado el 4 de agosto de 2014, de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/100578/1/Food%20Bioprocess%20Technol-2013-2331.pdf>
- Moiraghi, M., Ribotta, A., & Aguirre, G. (2005).** Análisis de la aptitud de trigos pan para la elaboración de galletitas y bizcochuelos. *AGRISCIENTIA*, 4-6.
- Mapas, Nacionales. (2007).** *Produccion de maíz en las regiones del Ecuador*. Recuperado el 10 de julio de 2015, de http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://mapas.accionecologica.org/mapas/NACIONALES/produccion_de_maiz_2007_Ecuador.png&imgrefurl=http://ayudahispano-3000.blogspot.com/2014/08/hortalizas-especies-y-cultivos_40.html&h=3544&w=3509&tbnid=Ms4WPxvipZubiM:
- Norma INEC 530. (1981).** *Harina de trigo. Ensayo de panificación*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2014, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0530.1981.pdf>
- Panera. (2009).** *La industria Panificadora en el Ecuador*. Recuperado el 15 de Julio de 2014, de <http://peru.grupopanera.com/pages/visor-revista.php>
- Pineda, P., & Coral, D. (2010).** *Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido*. Recuperado el 2015 de Febrero de 20, de Ingeniería y Ciencia:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-91652010000100008&script=sci_arttext

Pulluquitín, M. (2012). *Estudio del efecto de glucoxidasas y alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (Solanum tuberosum) nacional.* Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Alimentos:

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/3091/AL%20494.pdf?sequence=1>

Saltos, H. (2010). *Sensomtería, Análisis en el Desarrollo de Alimentos Procesados.* Ambato: Pedagogía Freire.

Suances, C. (2013). *Mejora de la calidad de panes sin gluten a través de la mezcla de almidones y harinas.* Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de Área de Tecnología de los Alimentos, E.T.S. Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, Valencia, España:

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/3886/1/TFM-L67.pdf>

Vargas, P. (2010). *Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (Manihot esculenta crantz) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería.*

Vargas, P., Quesada, Y., & Lopez, R. (2012). *Características de Calidad y Digestibilidad in Vitro del Almidón Agrario. Revista Venezolana de Ciencias y Tecnología de Alimentos, 2-4.*

Zeng, J., Gao, H., & Guanglei, L. (2011). *Características de la Harina de Maíz Fermentado por algunas especies de Lactobacillus. School of Food Science, 1-4.*

ANEXOS

ANEXO A-1: DETERMINACIÓN DEL pH

La medición se llevó a cabo mediante el Método AOAC 02-52.

Materiales

pH-metro con electrodos de vidrio.

Vaso de precipitación de 250 cm³.

Piceta.

Reactivos

Solución estándar, de valores de los pH entre 4,5 y 7.

Procedimiento

- ✓ La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- ✓ Comprobar el funcionamiento del pH-metro.
- ✓ Pesar 10 g de muestra y colocar en un vaso de precipitación, añadir 100 cm³ de agua destilada y agitar suavemente hasta que las partículas de almidón queden uniformemente suspendidas.
- ✓ Continuar la agitación durante 30 minutos a 25°C de modo que las partículas de almidón se mantengan en suspensión.
- ✓ Determinar el pH por lectura directa, introduciendo los electrodos del pH-metro en el vaso de precipitación con la muestra.
- ✓ Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los resultados obtenidos de la determinación.

ANEXO A-2: DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ

Para la determinación de la acidez de las muestras de almidón fermentado se basó en el método AOAC 02-31.

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 100 cm³ y 50 cm³.
- Pipetas de 25 cm³.
- Bureta de 25 cm³

Reactivos

- ❖ Solución 0,02 N de hidróxido de sodio, debidamente estandarizada.
- ❖ Solución indicadora de fenolftaleína.

Procedimiento

- ✓ Pesar 5 g de muestra y transferir al matraz Erlenmeyer, añadir 50 cm³ de agua destilada tapar el matraz y agitar fuertemente.
- ✓ Tomar con la pipeta una alícuota de 10 cm³ de líquido claro transferir al matraz Erlenmeyer de 50 cm³ y agregar 2 cm³ de la solución indicadora de fenolftaleína.
- ✓ Agregar lentamente y con agitación la solución de 0,02 N de hidróxido de sodio hasta conseguir un color rosado.
- ✓ Leer en la bureta el volumen de solución empleada, con aproximación de 0,05 cm³.

Cálculos

$$\%Acidez = \frac{G * N * \text{milieq del ácido} * 100}{gr \text{ de muestra}}$$

Dónde:

G: ml de NaOH gastados

N: Normalidad del NaOH

Mili equivalente del ácido predominante: 0,0901 g/Eqg del ácido láctico

gr: Gramos de la muestra.

ANEXO A-3: DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico para aerobios totales, hongos y levadura se realizó mediante la técnica de placas de Petrifilm^T descrita por la AOAC 991.14.

Materiales

- Placas Petrifilm
- Pipetas de 1 ml a 10 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Espátula
- Estufa
- Agua destilada
- Tubos de ensayo de 10 a 20 ml
- Algodón y gasa
- Muestras a analizar
- Probetas

Procedimiento

- Esterilizar los Erlenmeyer, pipetas, probetas y tubos para las diluciones de las muestras. Pesar 10 gr de la muestra en un Erlenmeyer estéril y mezclar la muestra con 90 ml de agua esterilizada y preparar una dilución 10^{-3} .
- Colocar la placa Petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior y con una pipeta colocar 5 ml de la muestra en el centro del film interior. Bajar el film superior con cuidado evitando introducir burbujas de aire.
- Colocar el aplicador de alta sensibilidad en el film superior sobre el inóculo. Distribuir la muestra ejercitando una ligera presión sobre el mango del aplicador y levantar el aplicador. Esperar de 2 a 5 minutos q que se solidifique el gel.
- Incubar las placas con la cara hacia arriba por 24 horas a 35°C y leer las placas Petrifilm en un contador de colonias standard.
- Calculo de unidades formadoras de colonias.

$$\text{ufc/ml} = \frac{\sum \text{ufc} \left(\frac{1}{F}\right)}{\text{ml muestra}}$$

Dónde:

ufc/ml: Número estimado de bacterias contenidas en la muestra estimada.

\sum **ufc**: Sumatoria de conteos realizados de la misma dilución.

$\left(\frac{1}{F}\right)$: Inverso del factor de dilución

ml muestra : ml que se utilizaron para la siembra.

ANEXO A-4: DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se determinó la humedad de las muestras utilizando el método de secado según el procedimiento descrito por la AOAC 964.22.

Materiales

- Cápsulas de porcelana
- Pinzas de dos puntas
- Balanza analítica
- Estufa
- Harina
- Desecador

Procedimiento

- ✓ Pesar la capsula vacía.
- ✓ Pesar la capsula más 5 g de la muestra.
- ✓ Colocar la capsula más la muestra en la estufa a 105 °C por 24 horas.
- ✓ A cabo de ese tiempo se saca la capsula e inmediatamente se trasfiere al desecador manteniendo allí hasta que se enfríe a temperatura ambiente.
- ✓ Pesar la capsula más la muestra después del secado.

Cálculos

$$\%Humedad = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100$$

Dónde:

m₀=Peso de la capsula vacía

m₁=Peso de la capsula más muestras húmeda

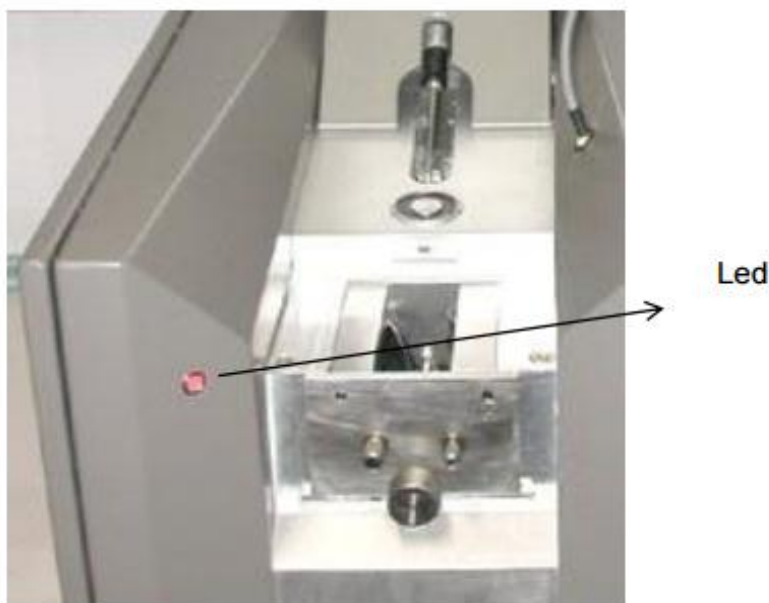
m₂=Peso de la capsula más muestra secada.

ANEXO A-5: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS

Las propiedades reológicas se determinaron utilizando el método establecido por CHOPIN TECHNOLOGIES a partir de la norma ICC 173.

Indicadores generales del estado del Mixolab.

Por medio de los pictogramas situados abajo a la derecha de la pantalla el software “Mixolab CHOPIN” puede dar indicaciones en tiempo real sobre el estado del equipo.



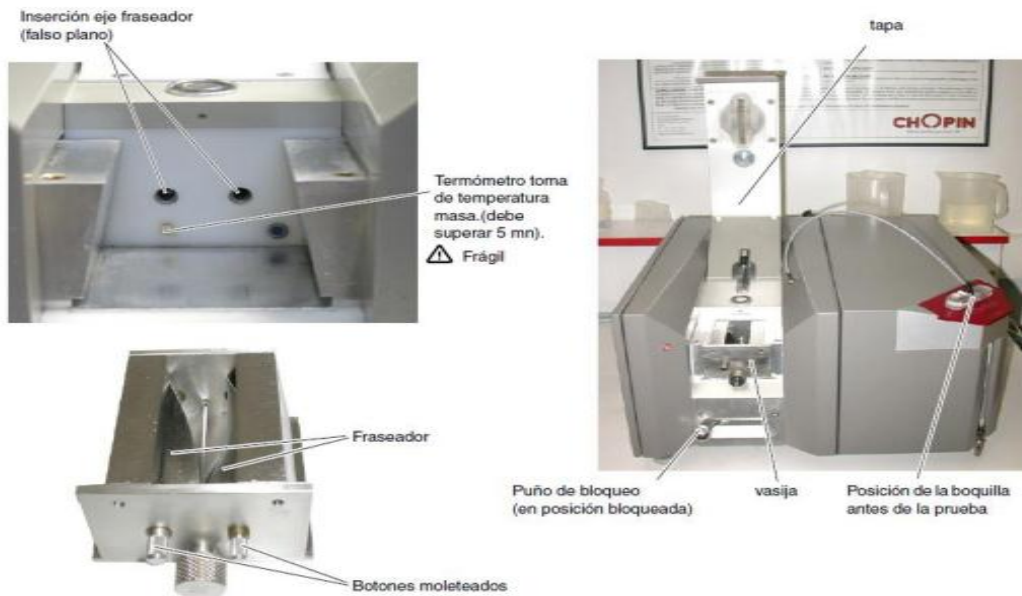
Manipulaciones previas al análisis.

- Abrir la tapa del depósito del Mixolab y llenar con agua destilada.



Manipulación de la vasija.

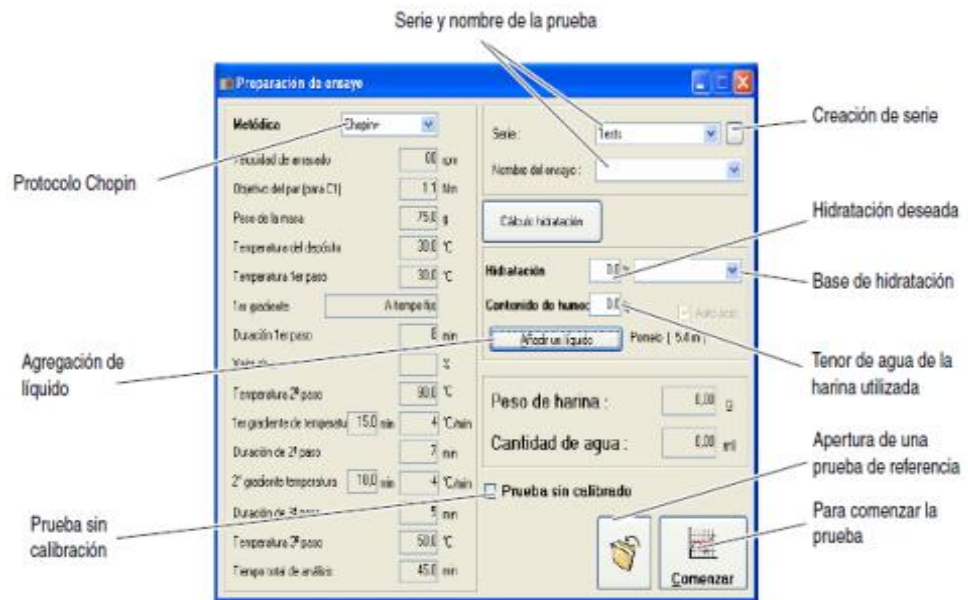
- Abrir la tapa del Mixolab.
- Desbloquear por medio del puño de bloqueo (tirando hacia la derecha) del Mixolab.
- Extraer la vasija tirándola hacia sí.
- Insertar una vasija limpia empujándola hacia el fondo moviendo los ejes de los faseadores hasta que la vasija entre completamente en su alojamiento.
- Bloquear la vasija por medio del puño de bloqueo (tirándola hacia la izquierda) y cerrar la tapa.



Realización de la prueba

- Prender la computadora y equipo conectar la bomba de agua helada, abrir el programa Mixolab Chopin+ y activar válvula de refrigeración.

- Seleccionar el protocolo “Mixolab Chopin”, escribir el nombre de la muestra, especificar la humedad de la muestra. Utilizar una hidratación aproximada de 64% y una base de 14% si la harina tiene una humedad de 12 a 14%.

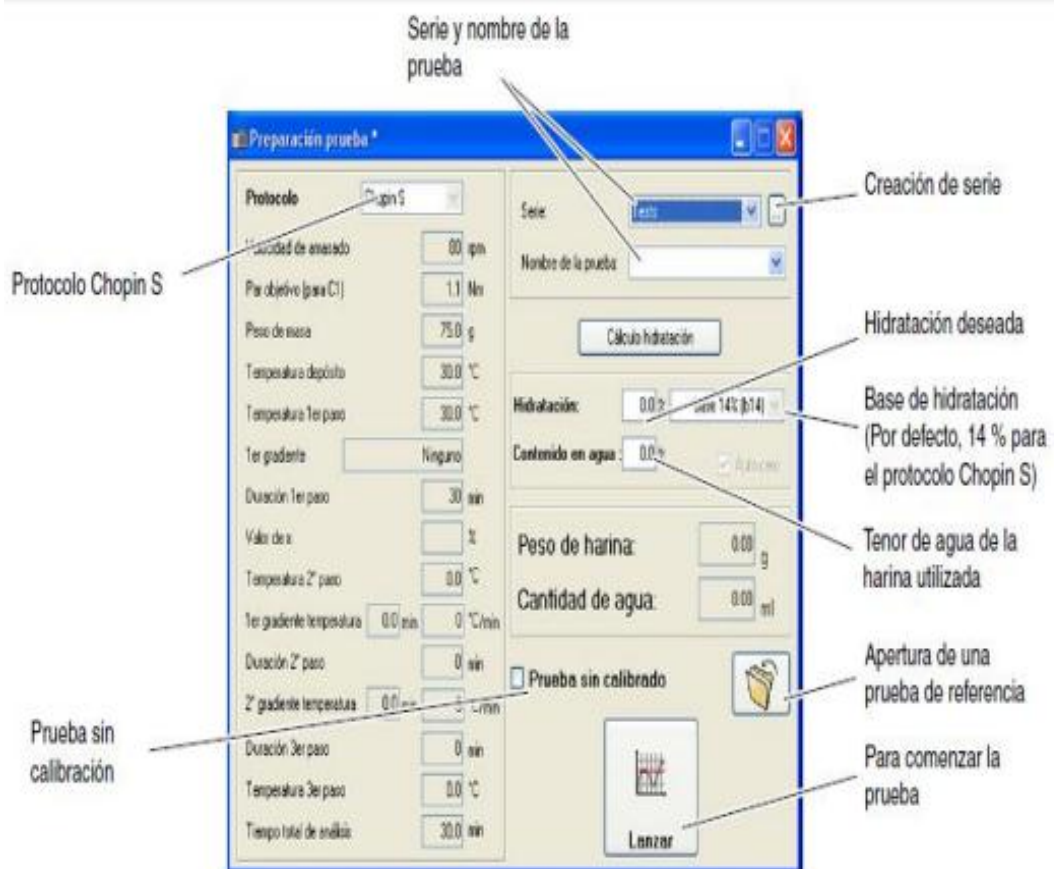


- Pesar la cantidad de muestra a $\pm 0,1$ g según lo especificado por el software Mixolab.
- Introducir la muestra utilizando el embudo especial proporcionado, colocar la boquilla de inyección de agua.
- Hacer clic en el icono "Iniciar" para comenzar la prueba.
- Si el C1 está fuera de las tolerancia de equipo, detener la prueba, limpie el mezclador de masa y poner de nuevo en su lugar, utilizar la herramienta de cálculo integrado para predecir la hidratación real de la muestra, lo que representa para los resultados de la prueba anterior (hidratación utilizada, el par C1 obtenido y la humedad), e iniciar la prueba y se deja correr hasta el final, si ya tiene todo los datos guardar para luego trasformar en archivo pdf.

ANEXO A-6: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FARINOGRÁFICO

El comportamiento farinográfico del almidón se determinó siguiendo el procedimiento del Anexo A-5 con la diferencia que en la preparación de la prueba se da clic en el icono de configuración, y se selecciona el protocolo **Chopin S** como aparece la siguiente ventana.

Este análisis dura 30 minutos, si al finalizar la prueba la muestra no alcanza 1.1 Nm de consistencia se debe repetir el análisis.



ANEXO A-7: DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN

Se determinó del volumen de pan mediante el método de desplazamiento de semillas según lo indica la Norma INEN 530.

Materiales

- Muestras de pan
- Semillas de amaranto
- Vaso de 250 cm³

Procedimiento

- En el vaso se introducen las semillas de amaranto y se marca la altura alcanzada.
- Se vacía el vaso colocando las semillas en otro recipiente.
- Se introduce un pan entero en el vaso, se coloca nuevamente todas las semillas y se mide la distancia del desplazamiento de las mismas a partir de la marca.
- Finalmente se aplica la siguiente ecuación.

$$V = \pi * r^2 * D$$

Donde

V= Volumen del pan (cm³)

r²= radio del cilindro (cm)

D= distancia desplazada desde la marca (cm)

Determinación del volumen específico del pan

$$v = V/m$$

Donde

V= volumen del pan

m= peso del pan

ANEXO A-8: DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA

Se determinó la textura por cinco veces consecutivas, utilizando el texturometró TA.XT2i siguiendo la metodología descrita en el manual del equipo donde la velocidad de pre-ensayo será de 1,7 m/s, distancia de 4 mm, fuerza de 2 N utilizando una sonda de P 36/R (Manual del Texturometro TA.XT2i, 2000).

Instructivo de uso del Texturometro TA.XT2I

- Prender el texturometró, iniciar sesión ingresando el usuario y contraseña
- Para el cambio de celda de carga se aflojar los tornillos de la celda y luego los tornillos de la parte superior, colocando siempre una mano en la parte inferior del pedestal, colocar la celda nueva y ajustar todos los tornillos.
- Calibrar el equipo desde el computador, ir a la barra TA, calibración de fuerza, colocar la pesa de calibración y presionar OK.
- Crear una carpeta para guardar los archivos, dentro del programa, disco C y archivos de programa.
- Crear un nuevo proyecto, archivo, nuevo, proyecto e ingresar el nombre del proyecto y guardar el proyecto en formato .prj
- Crear los parámetros del T.A, ingresar la barra archivo, seleccionar nuevo proyecto, poner el título, seleccionar la opción parámetros de TA, ingresar los parámetros correspondientes, guardar en formato c: te_span, y en la carpeta (nombre.set)
- Para crear un macro ingresar la barra archivo, seleccionar nuevo macro, poner el título, seleccionar las variables a medir: Tiempo mínimo, fijar anclaje 1, área de fuerza máxima, fijar anclaje 2, área, pendiente, diferencia de tiempo, media, desviación, ratio y desplazamiento, guardar en c: te_mac y escoger la carpeta (nombre.mac).
- Crear la hoja de resultados y guardar.
- Abrir el proyecto, llamar desde el proyecto al parámetro, macro y carpeta de resultados anteriormente creados y dar click en reinicio.
- Ejecutar ensayo, ir a T.A, ejecutar ensayo, llenar los parámetros y dar click en OK.
- Las repeticiones del ensayo se pueden realizar presionando ctrl Q-

- Al terminar el ensayo se deben guardar los gráficos con los nombres respectivos dentro de la carpeta Gráficos en c: /te_span, para los resultados, guardar dentro de la carpeta Resultados en c:/te_span.

ANEXO A- 9: HOJA DE CATACIÓN

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS

Fecha:

Evalué las características del pan, color, olor, sabor, apariencia y simetría, textura, tamaño de miga situando con una X en el casillero según corresponda.

Característica del pan		MUESTRAS			
Color de la corteza					
Dorado	15 puntos				
Pálido	10 puntos				
Muy pálido	5 puntos				
Oscuro	0 puntos				
Apariencia y simetría					
Muy bueno	15 puntos				
Bueno	10 puntos				
Regular	5 puntos				
Malo	0 puntos				
Sabor					
Muy agradable	10 puntos				
Agradable	5 puntos				
Desagradable	0 puntos				
Color de la miga					
Blanco	10 puntos				
Crema	5 puntos				
Gris	0 puntos				
Textura de la miga					
Muy Buena	30 puntos				
Buena	20 puntos				
Regular	10 puntos				
Mala	0 puntos				
Aceptabilidad					
Agrada mucho	20 puntos				
Agrada poco	10 puntos				
Desagrada	0 puntos				

Comentarios:

.....
 ...

ANEXO B

FIGURAS EXPERIMENTALES

Figura B- 1: Farinografo R1 (MB50°C)

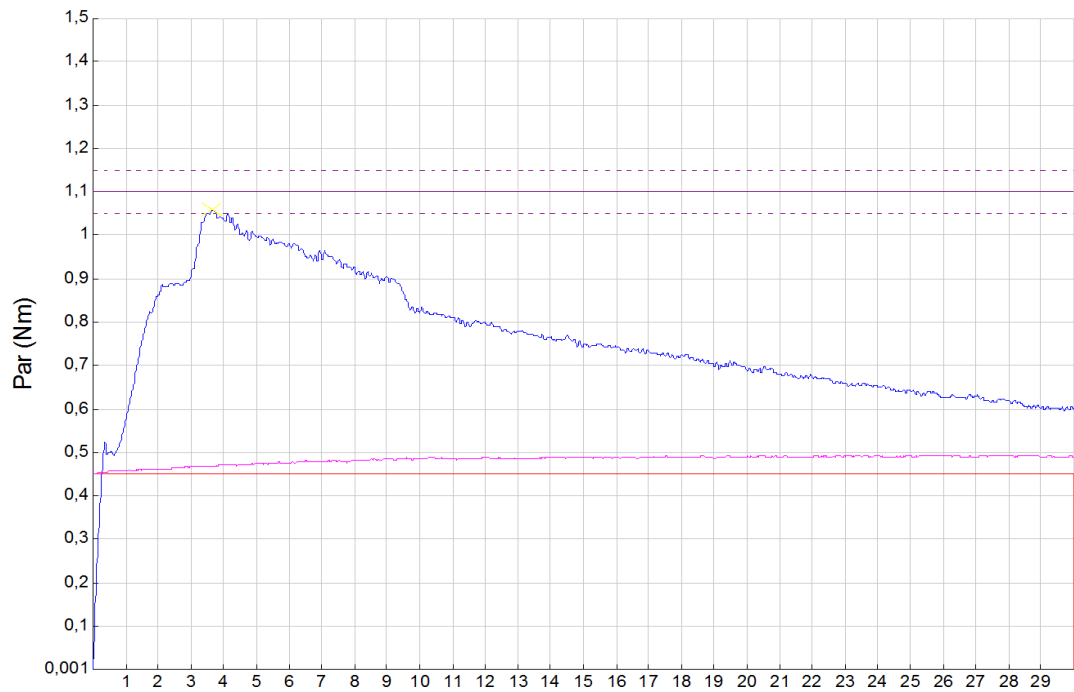


Figura B- 2: Farinografo R2 (MB50°C)

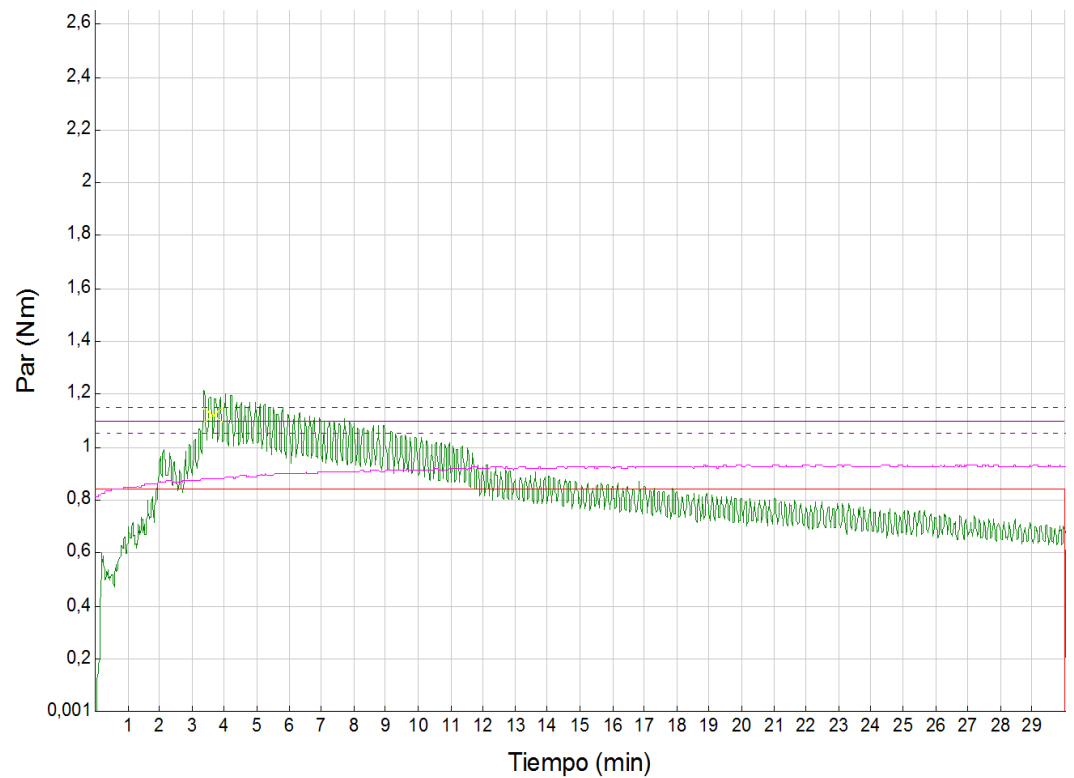


Figura B- 3: Farinografo R1 (MB65°C)

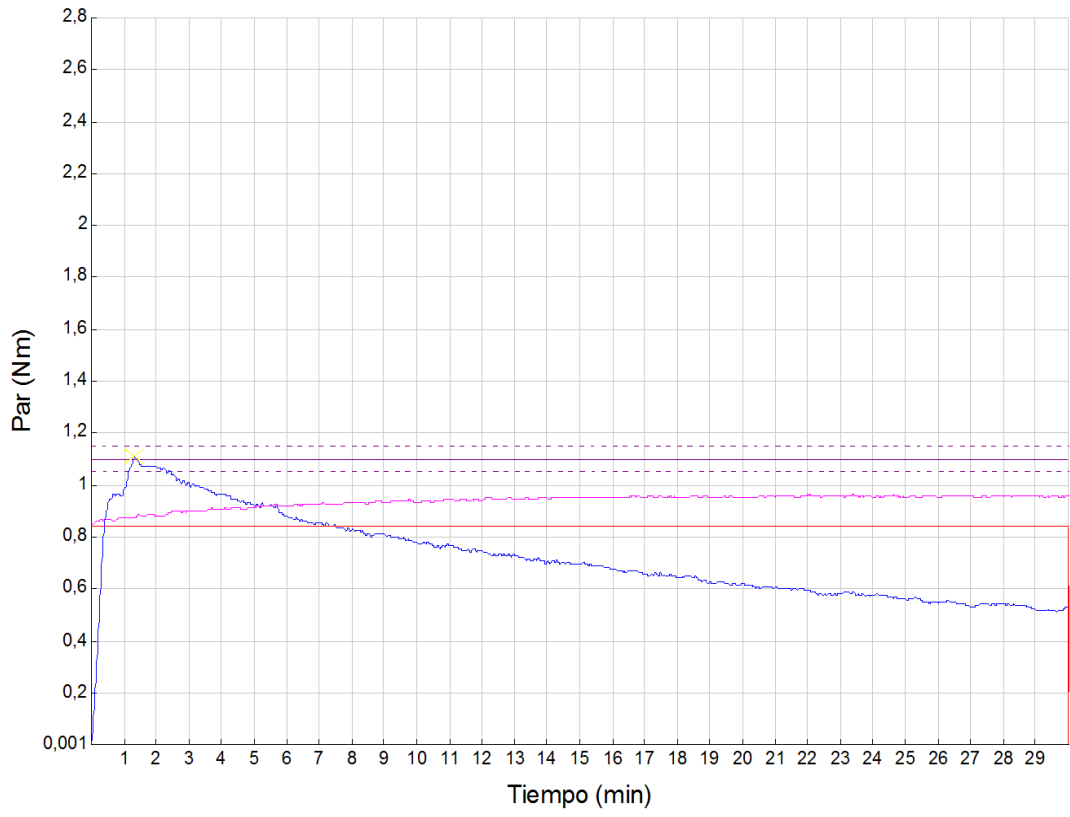


Figura B-4: Farinografo R2 (MB65°C)

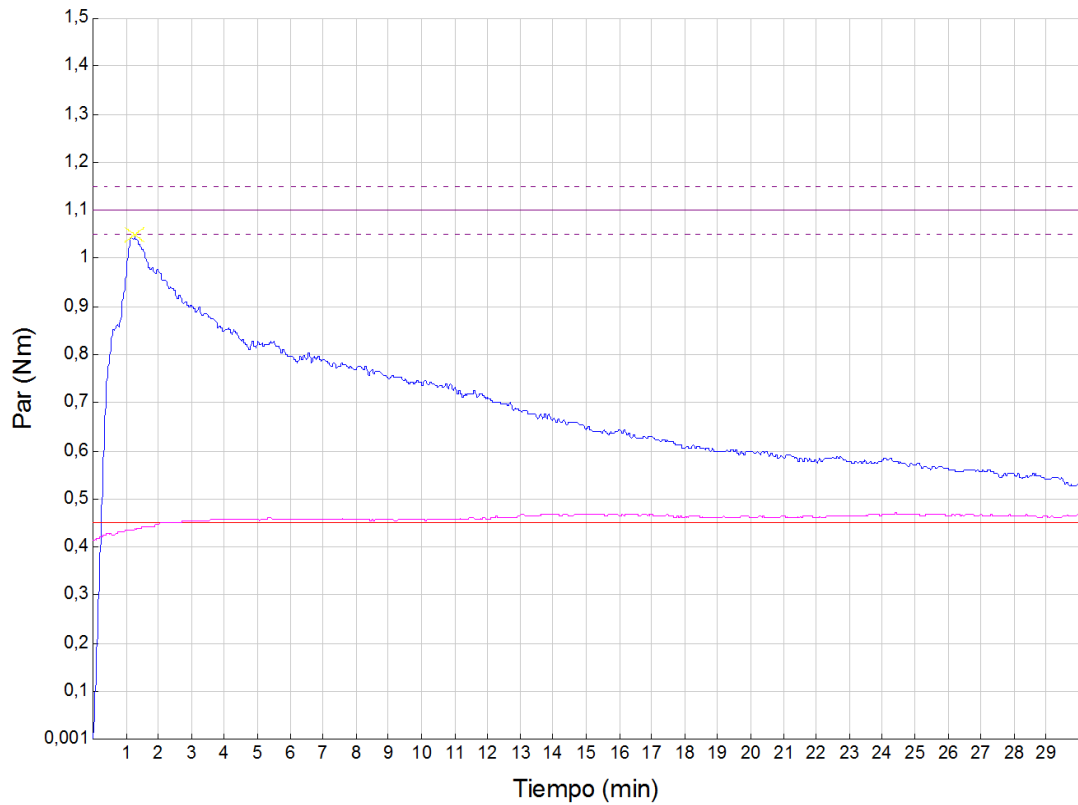


Figura B-5: Farinografo R1 (MF50°C)

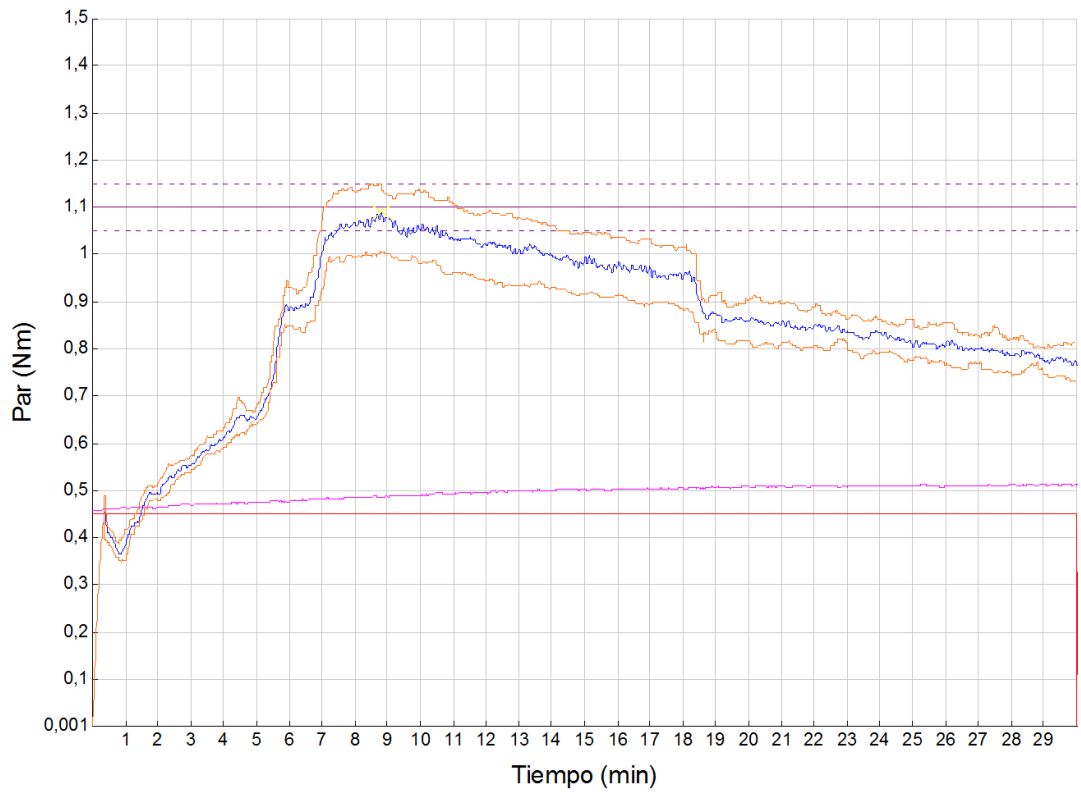


Figura B- 6: Farinografo R2 (MF50°C)

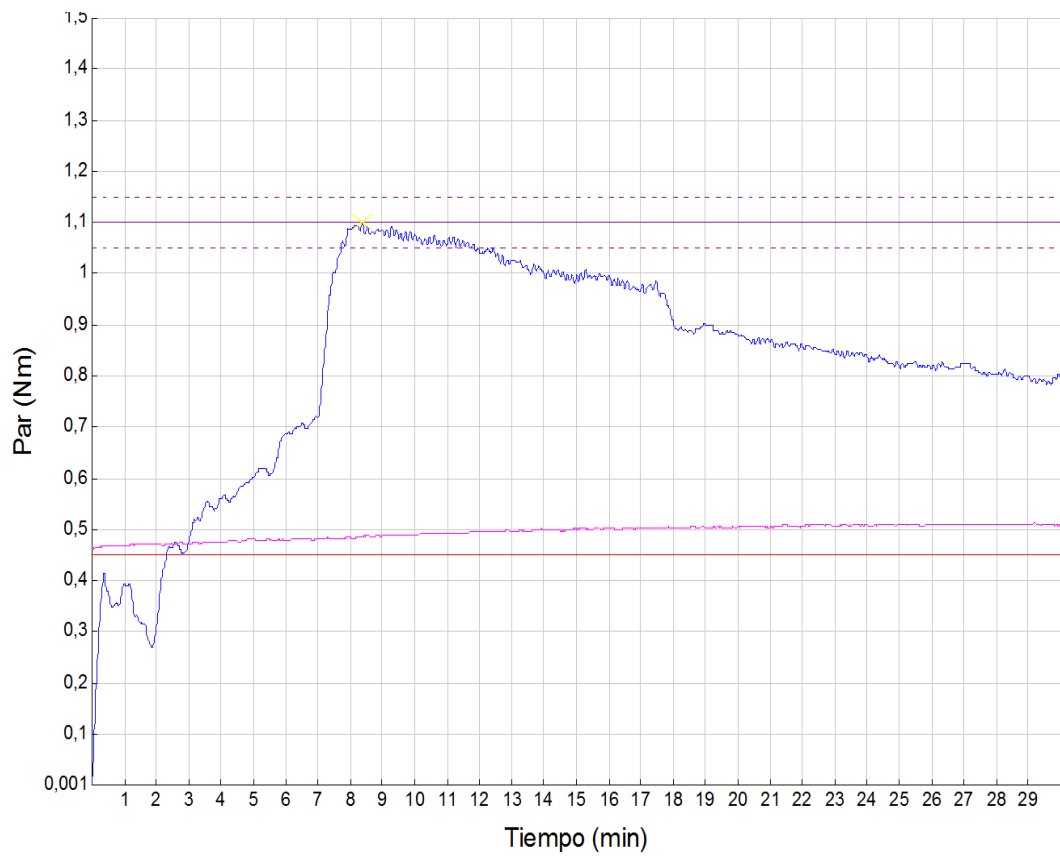


Figura B- 7: Farinografo R1 (MB65°C)

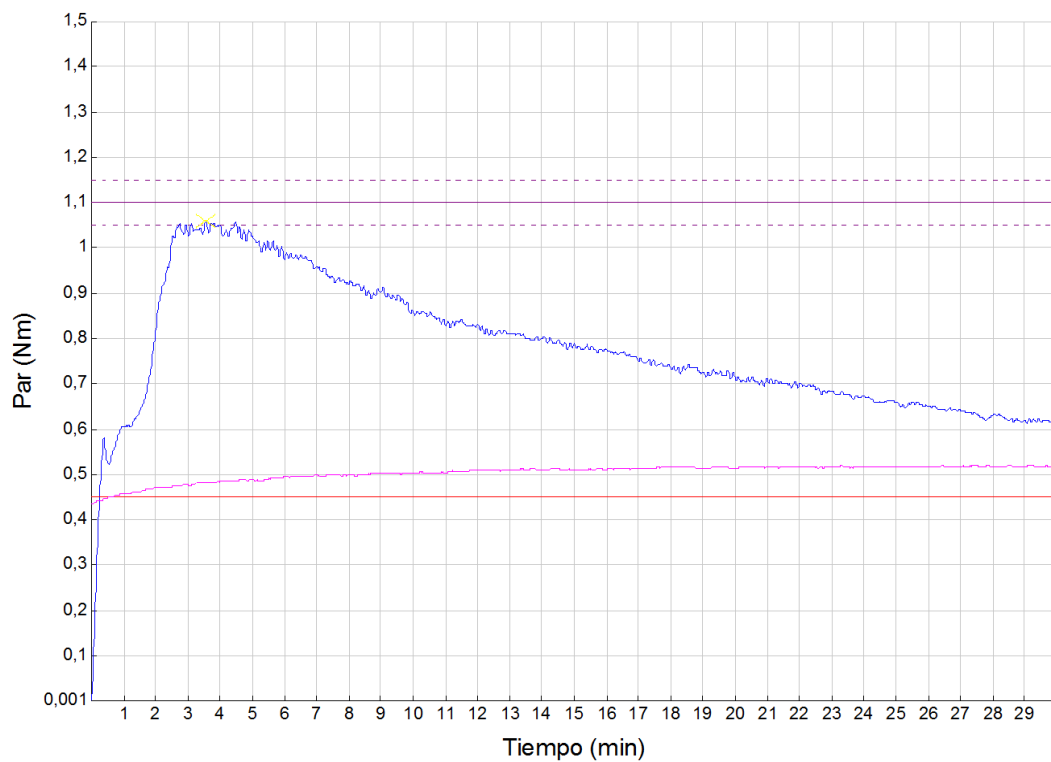


Figura B- 8.- Farinografo R2 (MB65°C)

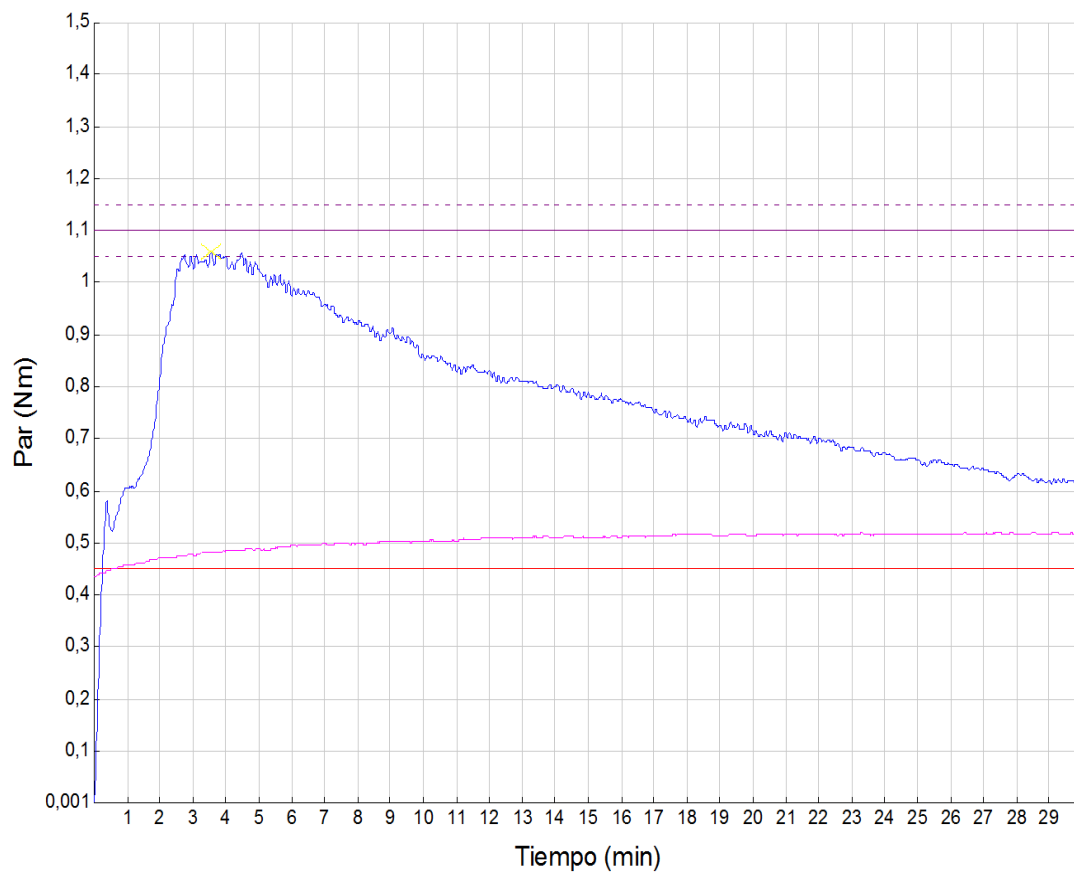


Figura B- 9: Farinografo R1 (LB50°C)

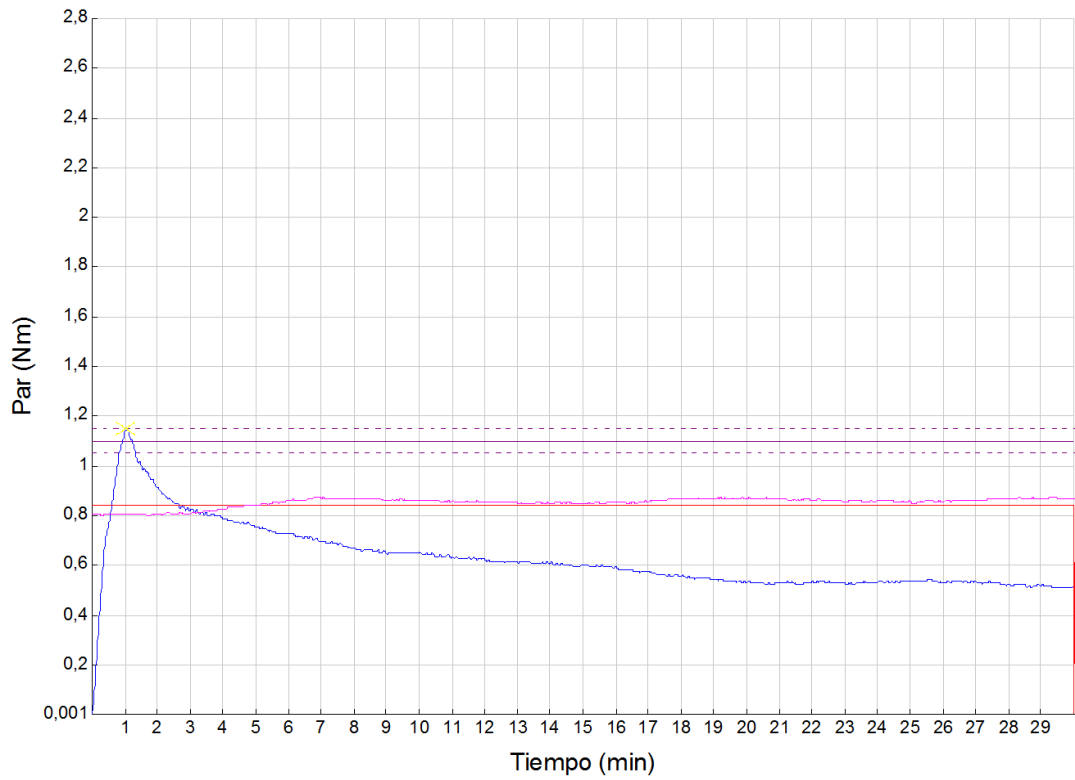


Figura B- 10: Farinografo R2 (LB50°C)

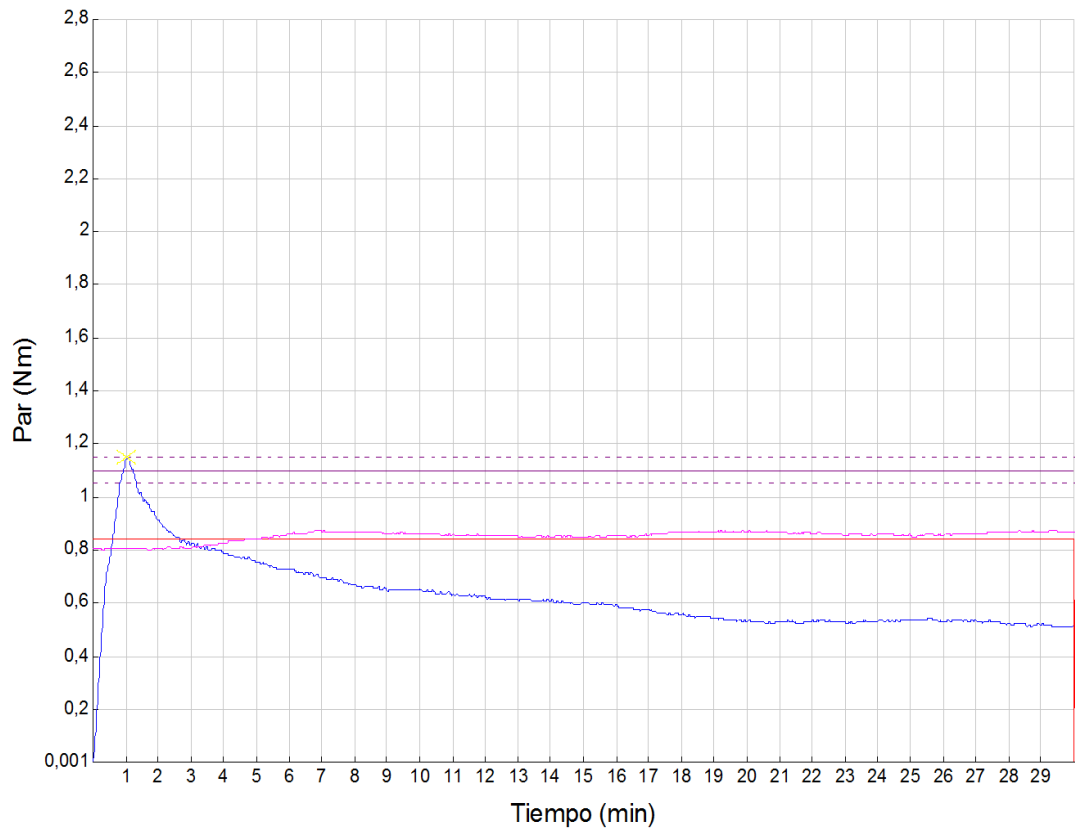


Figura B-11. Farinografo R1 (LB65°C)

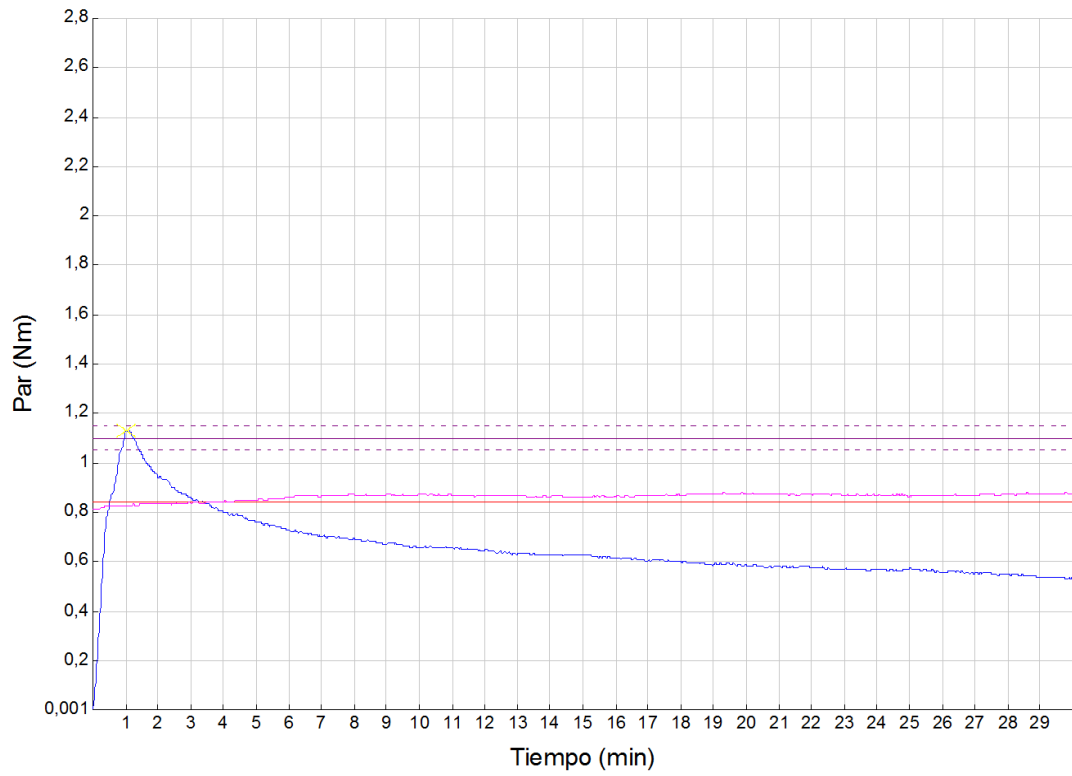


Figura B- 12: Farinografo R2 (LB65°C)

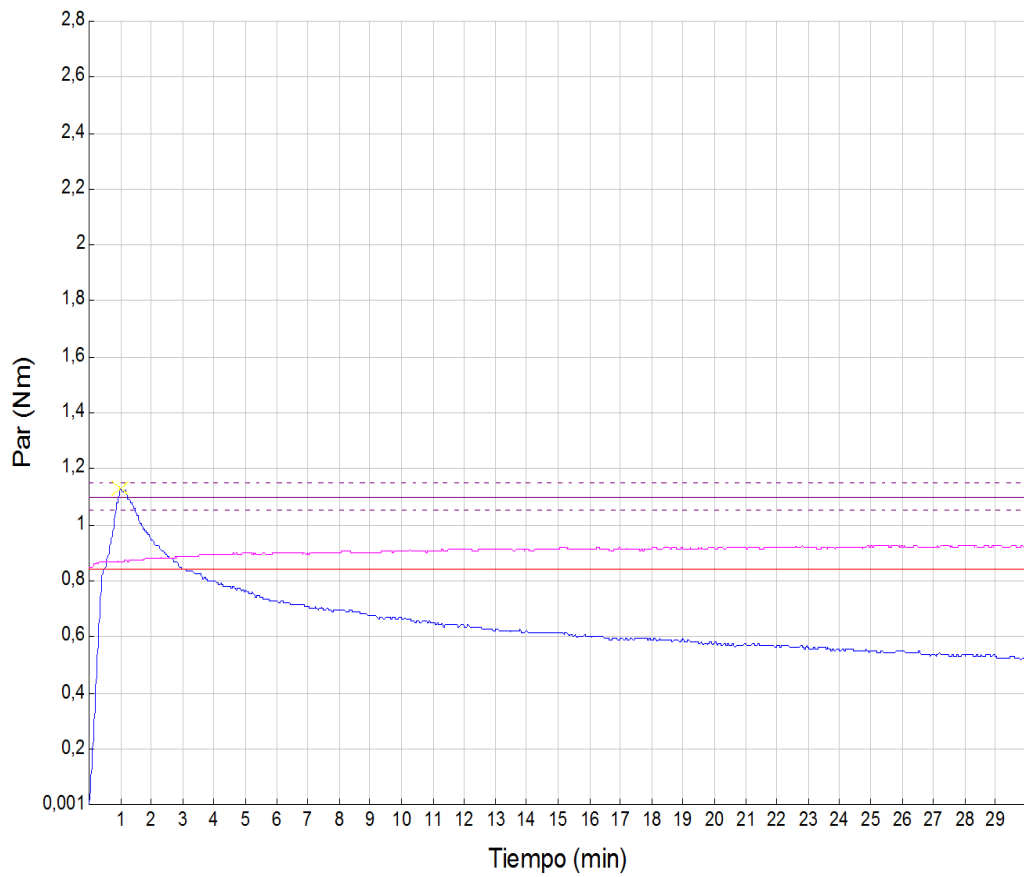


Figura B- 13: Farinografo R1 (LF50°C)

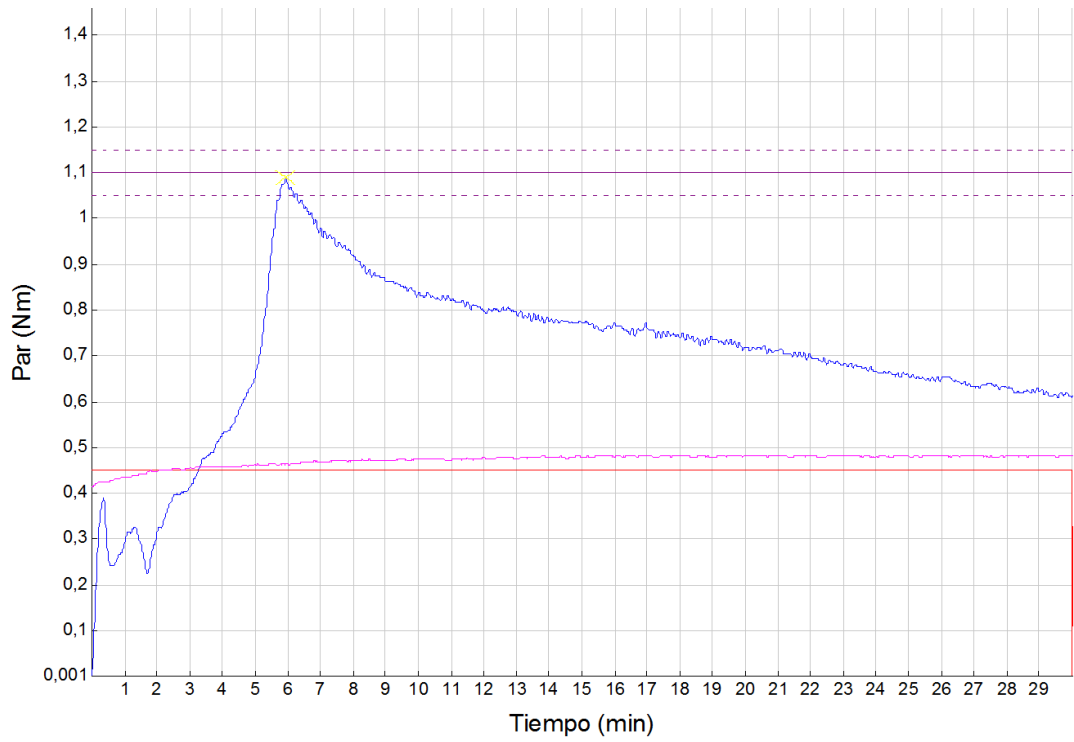


Figura B-14: Farinografo R2 (LF50°C)

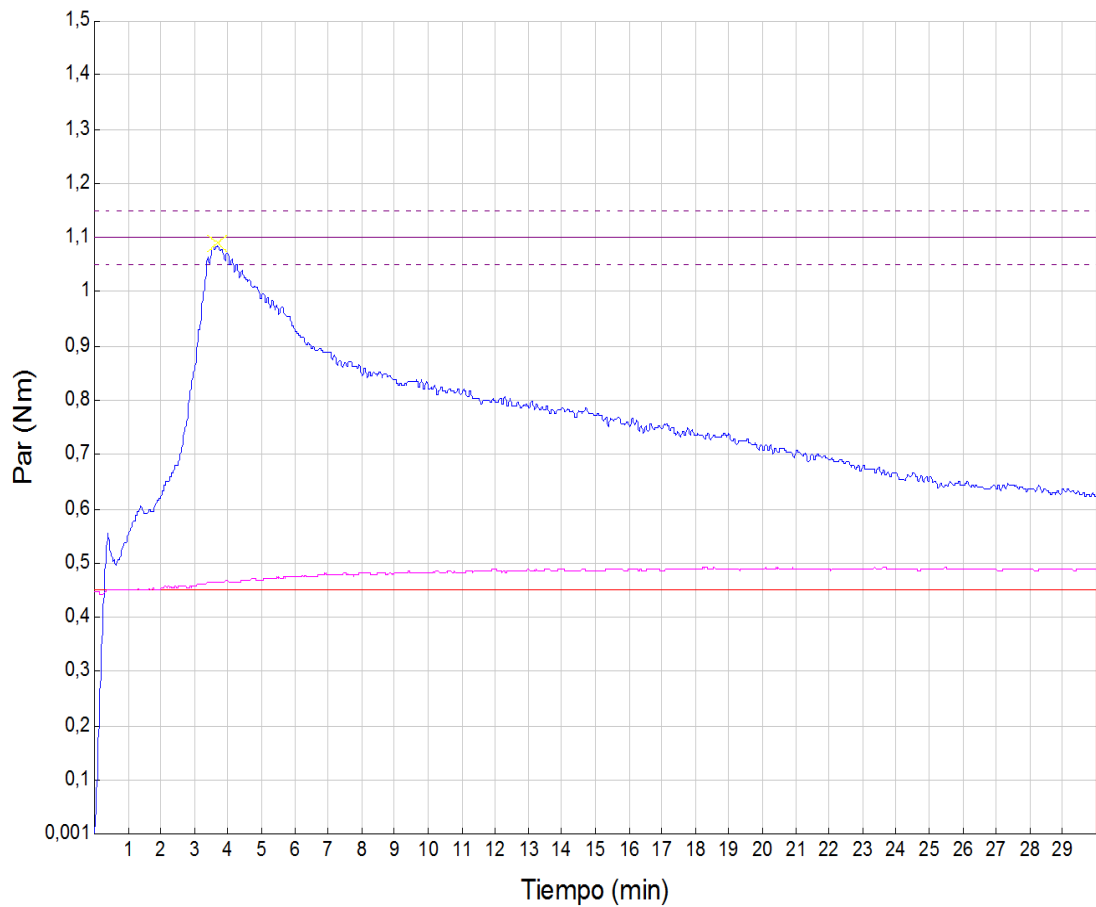


Figura B 15: Farinografo R1 (LF65°C)

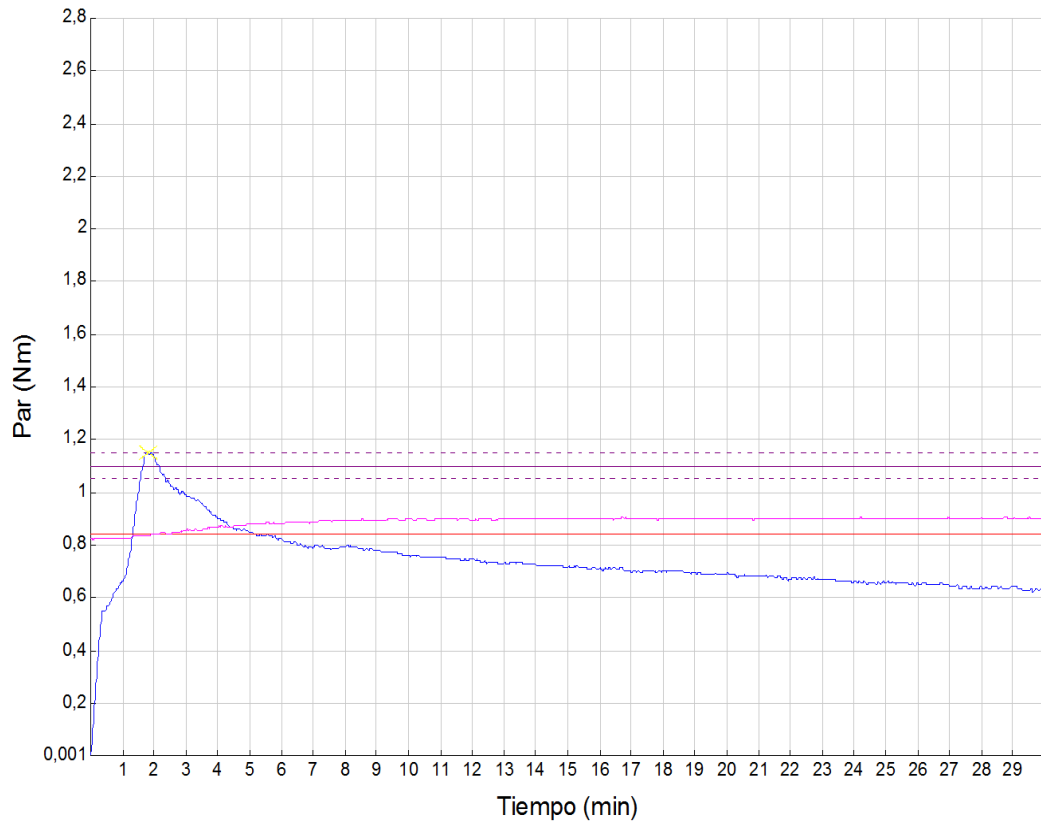


Figura B- 16: Farinografo R2 (LF65°C)

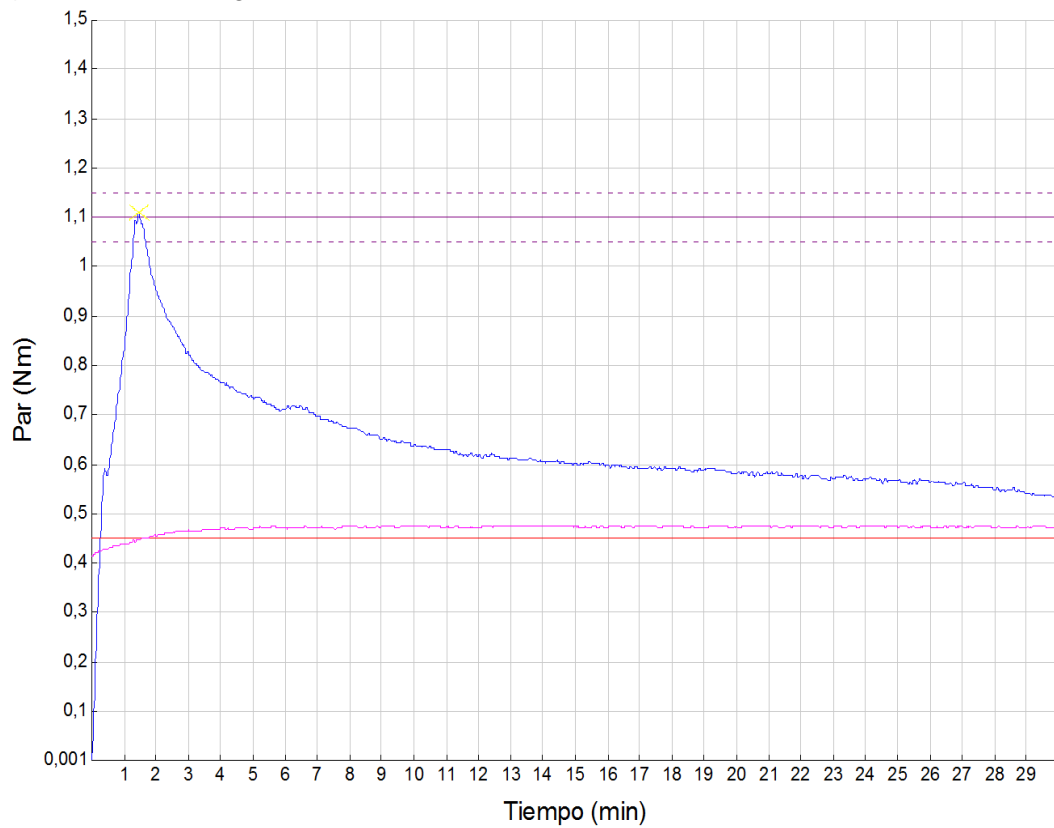


Figura B-17. Farinografo del almidón sin fermentar

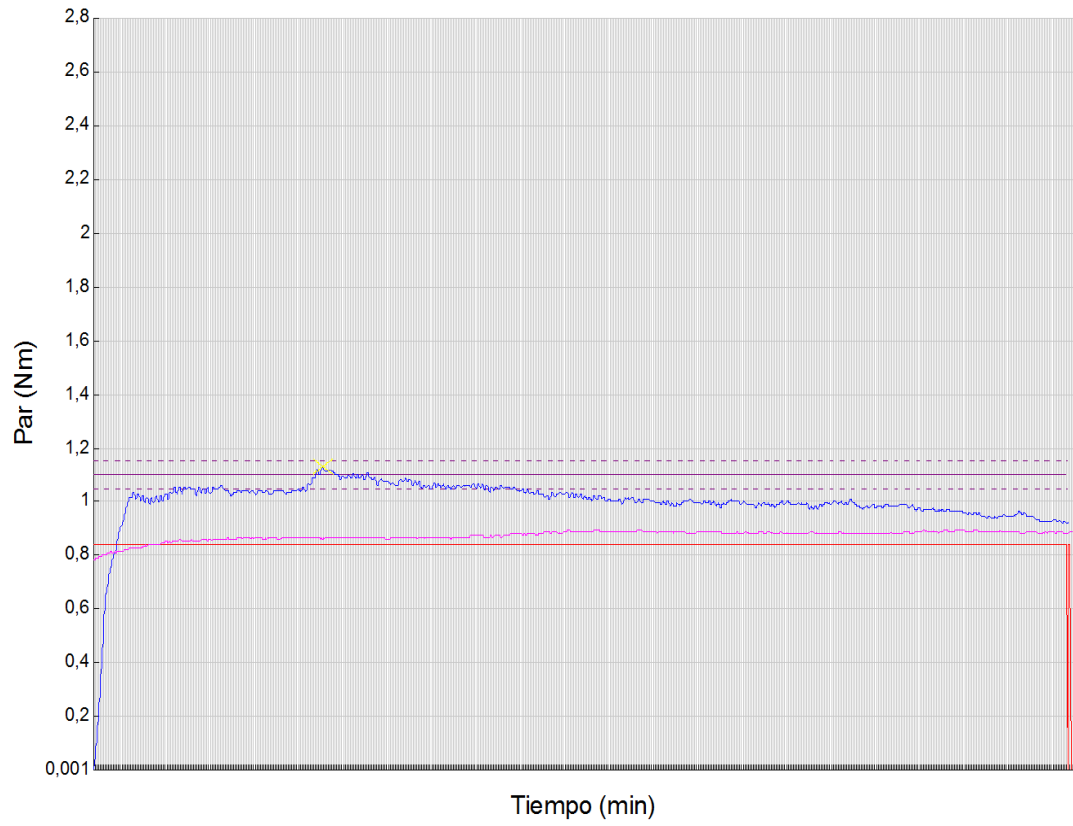


Figura B-18. Farinografo del almidón sin fermentar

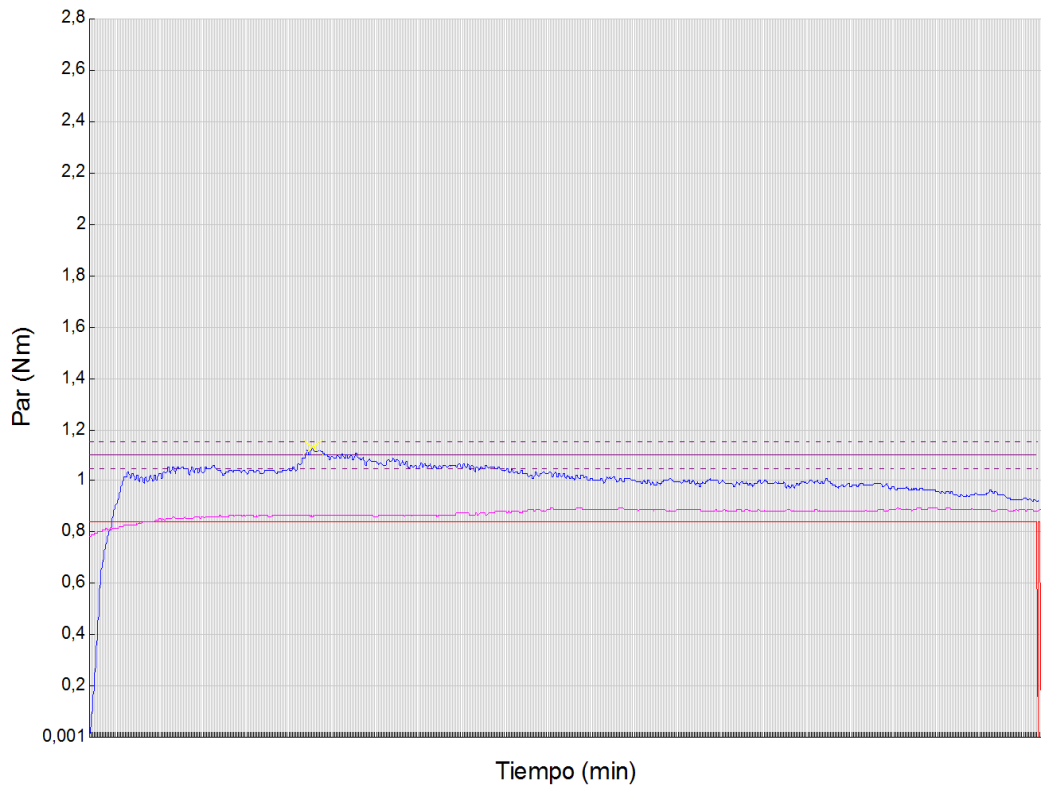


Figura B-19. Mixolab de la R1 (MB50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a0b0c0),

Fecha : 13/11/2014

Hora : 11:57

Metódica : Chopin+

α :	-0,032	Nm/min
β :	1,026	Nm/min
γ :	-0,036	Nm/min

Muestra :

Peso de la masa 75,0 g

Hidratación: 63,2 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Contenido de 13,9 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice: 8-44-874

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,73	1,08	31,6	0,16	4,72
C2	19,35	0,43	62,3		
C3	25,85	2,61	82,4		
C4	34,47	2,23	85,5		
C5	45,05	2,48	72,6		



Pharina de maiz 1

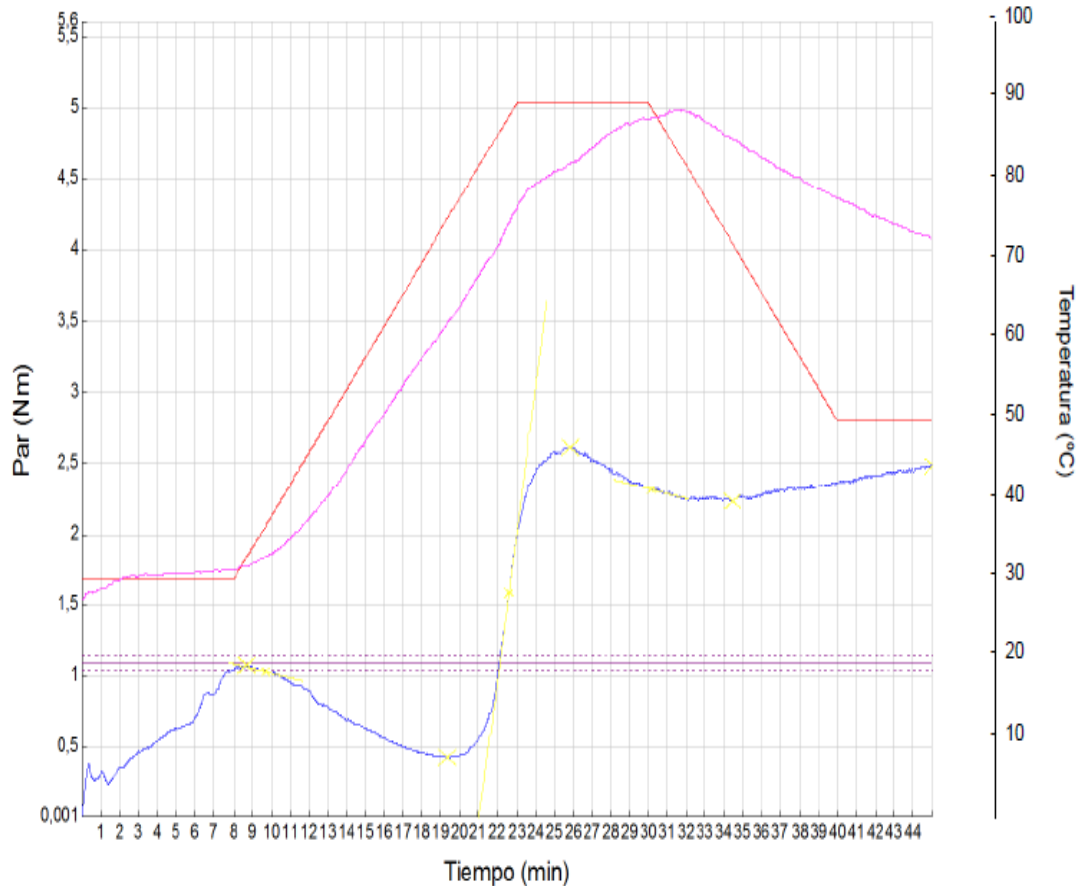


Figura B-20. Mixolab de la R2 (MB50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2 (a0b0c0),

Fecha : 13/11/2014 Hora : 11:57

Muestra :

Hidratación: 63,2 % base 14% (b14)

Contenido de 13,9 %

Indice: 8-44-874

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,032	Nm/min
β :	1,026	Nm/min
γ :	-0,036	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,73	1,08	31,6	0,16	4,72
C2	19,35	0,43	62,3		
C3	25,85	2,61	82,4		
C4	34,47	2,23	85,5		
C5	45,05	2,48	72,6		



Pharina de maiz1

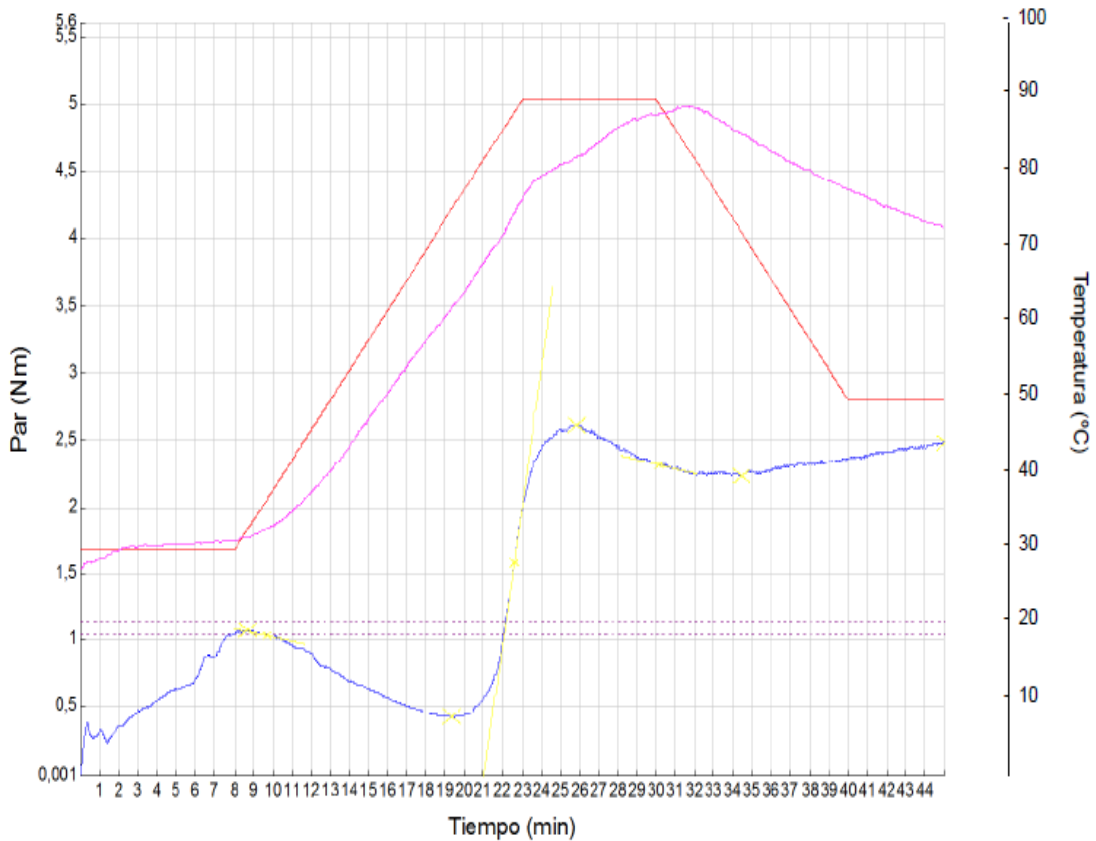


Figura B-21: Mixolab de la R1 (MB65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a0b0c1),

Fecha : 04/11/2014 Hora : 12:08

Muestra :

Hidratación: 64,0 % base 14% (b14)

Contenido de 14,5 %

Indice: 8-11-594

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,012	Nm/min
β :	0,000	Nm/min
γ :	-0,090	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,80	1,06	31,3	0,15	4,80
C2	17,48		56,5		
C3	28,48	2,89	83,7		
C4	35,37	2,43	81,1		
C5	45,03	2,77	62,9		



Pharina de maiz1



Figura B-22. Mixolab de la R2 (MB65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2(a0b0c1)

Fecha : 04/11/2014 Hora : 14:27
Muestra :
Hidratación: 64,0 % base 14% (b14)
Contenido de 14,2 %
Indice: 8-11-594

Metódica : Chopin+
Peso de la masa 75,0 g
Temperatura del depósito : 30,0 °C
Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,012	Nm/min
β :	0,000	Nm/min
γ :	-0,034	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,43	1,07	30,6	0,16	4,67
C2	17,38		56,7		
C3	27,95	2,87	83,5		
C4	36,33	2,36	78,7		
C5	45,03	2,99	61,7		



Pharina de maiz1

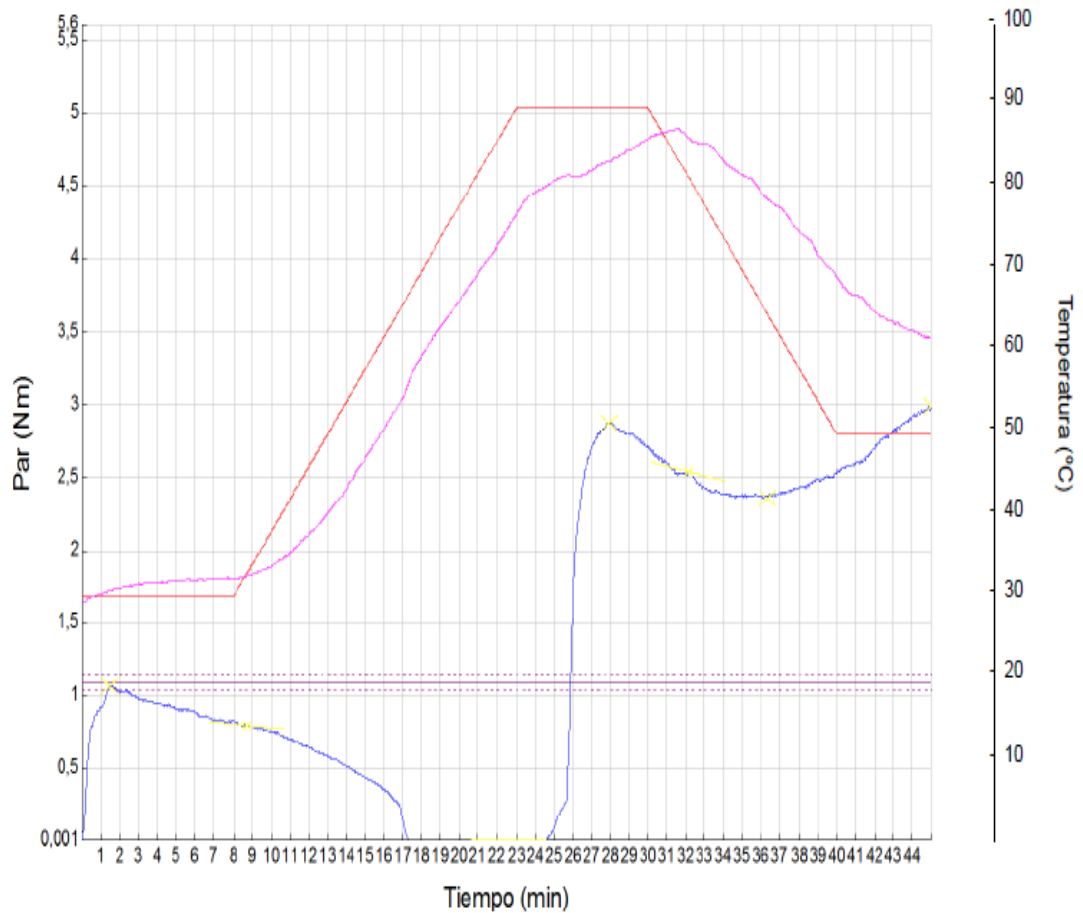


Figura B- 23. Mixolab de la R1 (MF50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a0b1c0)

Fecha : 13/11/2014 Hora : 09:31

Muestra :

Hidratación: 63,2 % base 14% (b14)

Contenido de 14,0 %

Índice: 8-44-866

Metódica : Chopin+

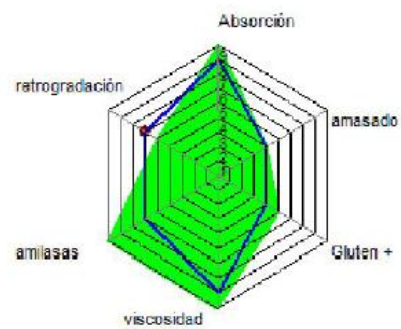
Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,092	Nm/min
β :	0,976	Nm/min
γ :	0,004	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,28	1,07	32,5	0,16	5,17
C2	19,05	0,44	64,2		
C3	25,57	2,64	83,2		
C4	33,12	2,28	86,7		
C5	45,03	2,86	62,7		



Pharina de maiz1

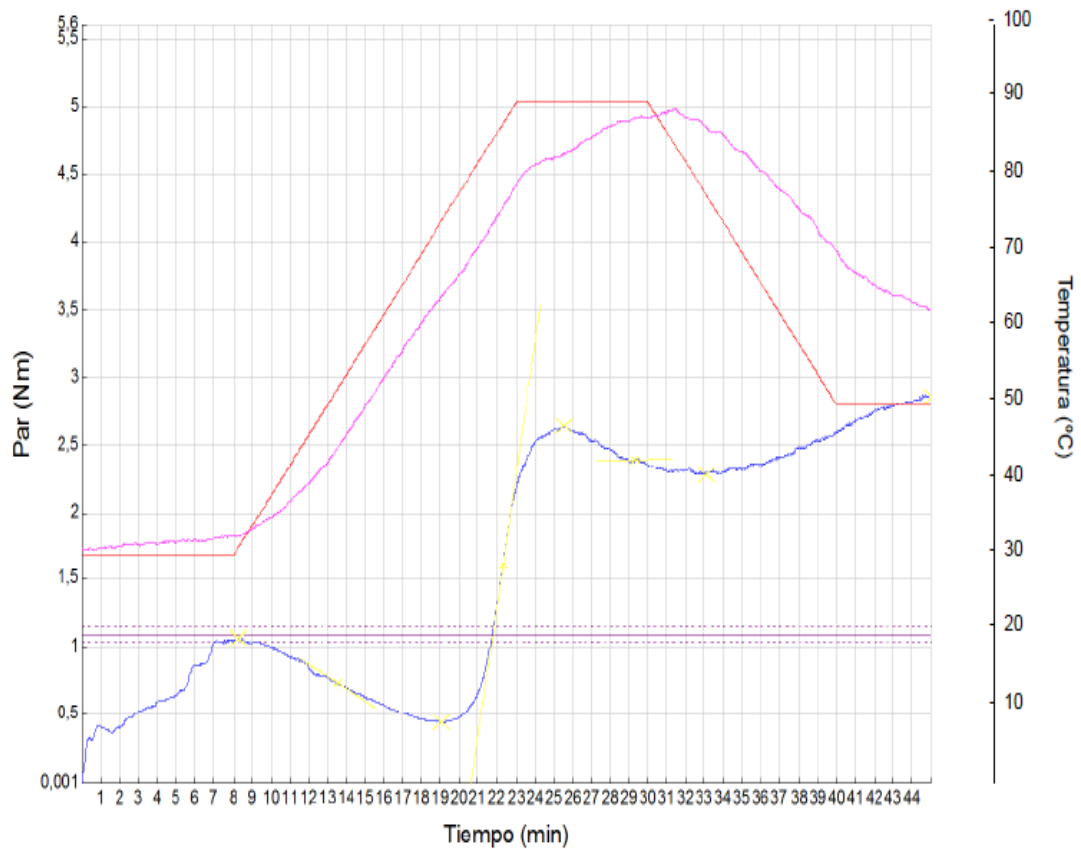


Figura B-24. Mixolab de la R2 (MF50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2 (a0b1c0)

Fecha : 13/11/2014 Hora : 11:57

Muestra :

Hidratación: 63,2 % base 14% (b14)

Contenido de 13,9 %

Índice: 8-44-874

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,032	Nm/min
β :	1,026	Nm/min
γ :	-0,036	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	8,73	1,08	31,6	0,16	4,72
C2	19,35	0,43	62,3		
C3	25,85	2,61	82,4		
C4	34,47	2,23	85,5		
C5	45,05	2,48	72,6		



Pharina de maiz1

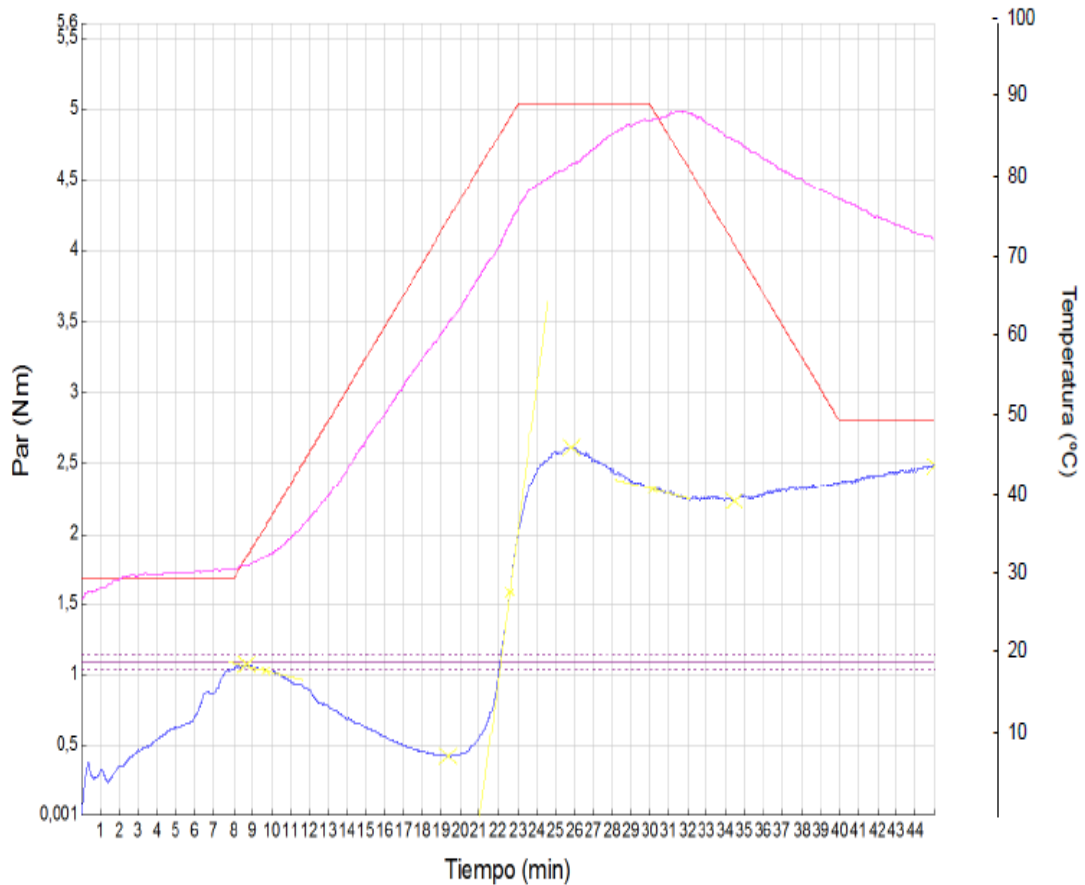


Figura B-25: Mixolab de la R1 (MF65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a0b1c1)

Fecha : 23/10/2014 Hora : 13:56

Muestra :

Hidratación: 60,7 % base 14% (b14)

Contenido de 13,6 %

Índice: 7-41-480

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,006	Nm/min
β :	0,124	Nm/min
γ :	-0,580	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6,75	1,08	31,7	0,19	7,48
C2	19,25	0,30	62,2		
C3	20,87	0,52	67,5		
C4	21,30	0,22	69,5		
C5	44,97	3,14	52,9		



Pharina de maiz1

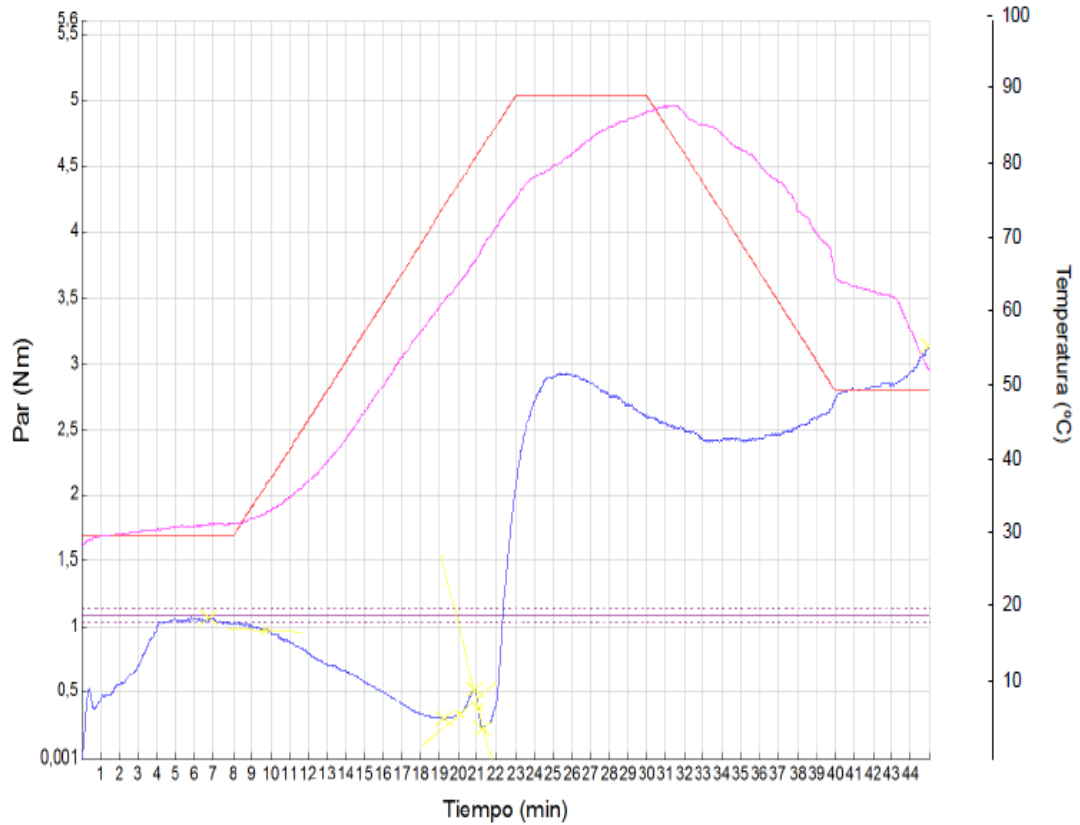


Figura B- 26: Mixolab de la R1 (MF65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2(a0b1c1)

Fecha : 23/10/2014 Hora : 11:26

Muestra :

Hidratación: 60,4 % base 14% (b14)

Contenido de 13,5 %

Indice: 7-21-194

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,082	Nm/min
β :	0,054	Nm/min
γ :	-0,030	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4,72	1,07	30,3	0,19	7,10
C2	20,83	0,27	67,7		
C3	22,50	2,26	74,1		
C4	23,43	2,21	77,6		
C5	45,03	2,84	63,1		

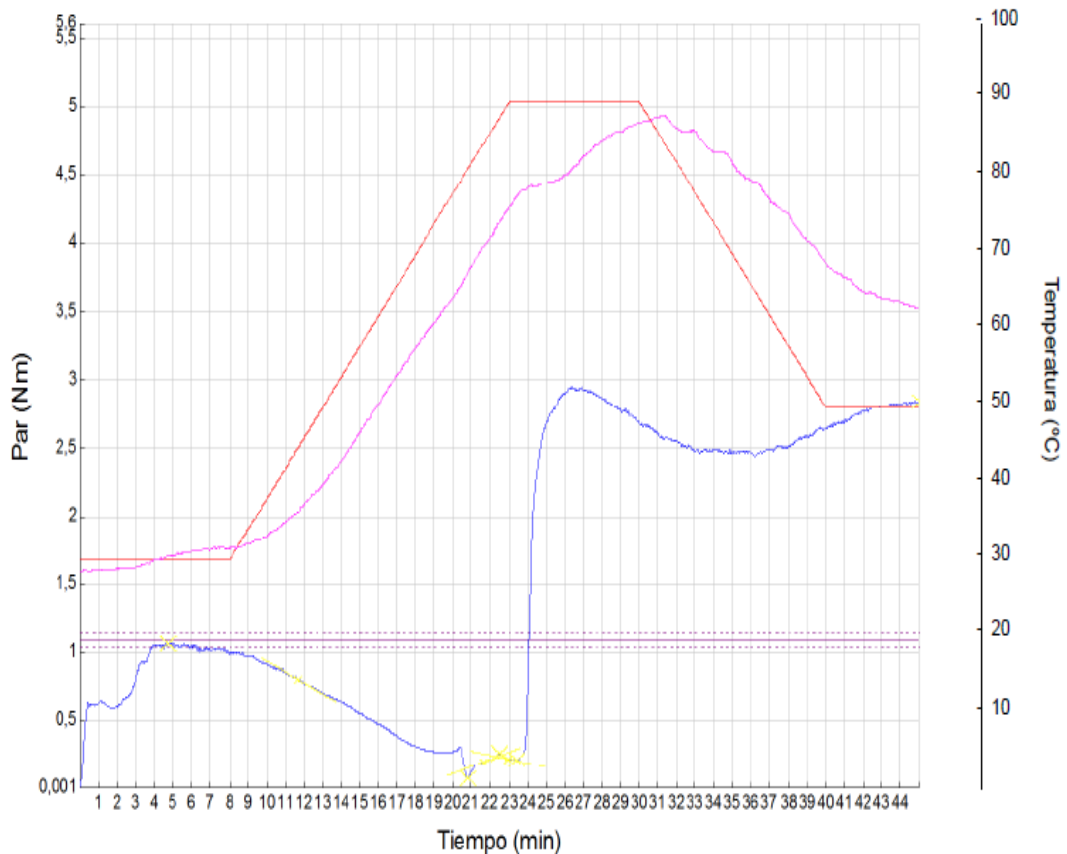
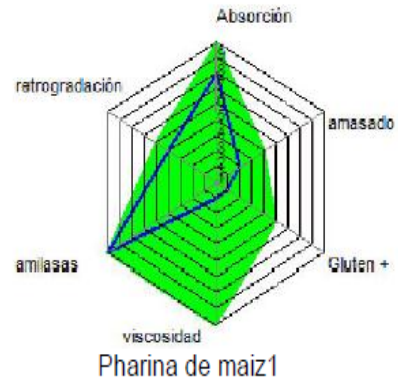


Figura B-27. Mixolab de la R1 (LB50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

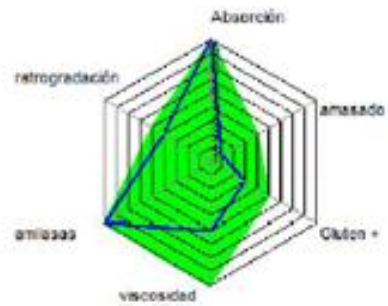
PATRICIA ACURIO-R1 (a1b0c0)

Fecha : 11/11/2014 Hora : 13:10
Muestra :
Hidratación: 68,1 % base 14% (b14)
Contenido de : 14,2 %
Indice: 9-13-594

Metódica : Chopin*
Peso de la masa : 75,0 g
Temperatura del depósito : 30,0 °C
Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,048	Nm/min
β :	0,000	Nm/min
γ :	-0,114	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,07	1,15	30,1	0,15	0,90
C2	20,10		68,0		
C3	26,18	2,70	81,8		
C4	33,92	2,12	85,3		
C5	45,05	2,53	62,7		



Pharina de maiz1

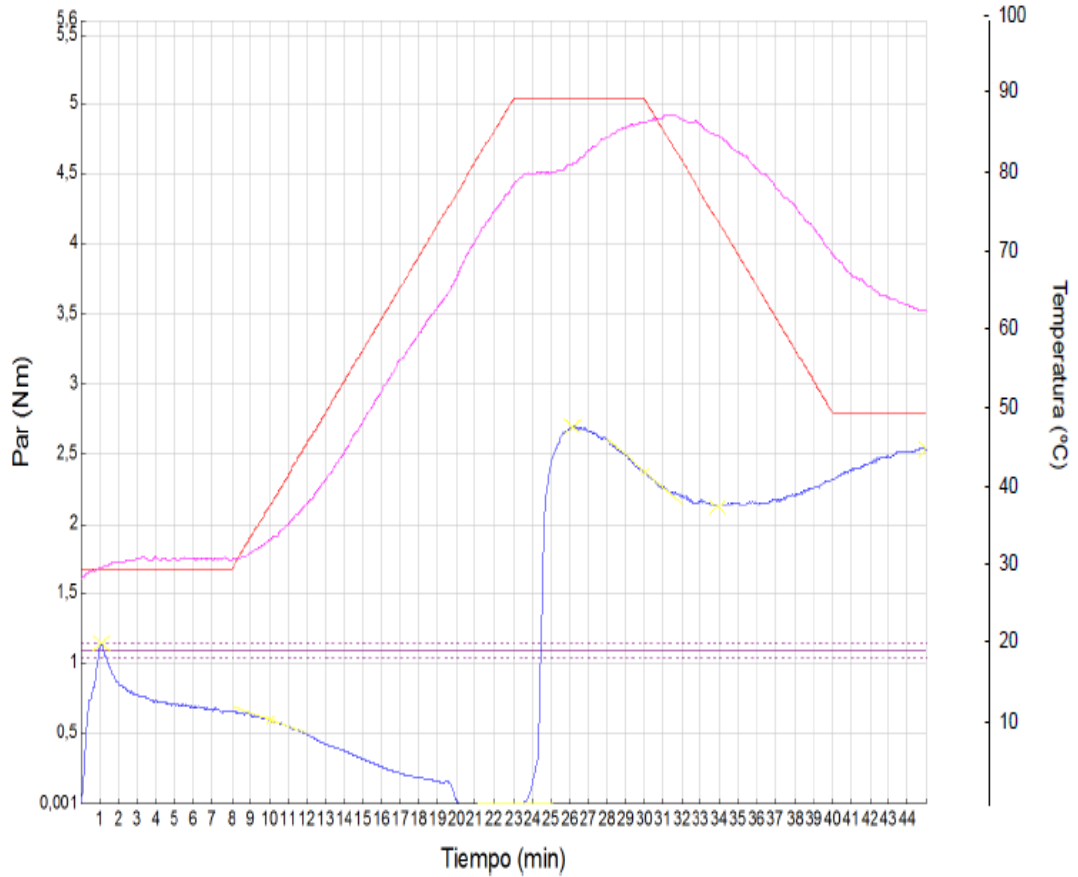


Figura B- 28. Mixolab de la R2 (LB50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2 (a1b0c0)

Fecha : 11/11/2014 Hora : 15:21 Metódica : Chopin+
 Muestra : Peso de la masa 75,0 g
 Hidratación: 68,1 % base 14% (b14) Temperatura del depósito : 30,0 °C
 Contenido de 14,2 % Velocidad de amasado : 80 rpm
 Índice: 9-13-594

α :	-0,048	Nm/min
β :	0,000	Nm/min
γ :	-0,114	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,07	1,15	30,1	0,15	0,90
C2	20,10		68,0		
C3	26,18	2,70	81,8		
C4	33,92	2,12	85,3		
C5	45,05	2,53	62,7		



Pharina de maiz1

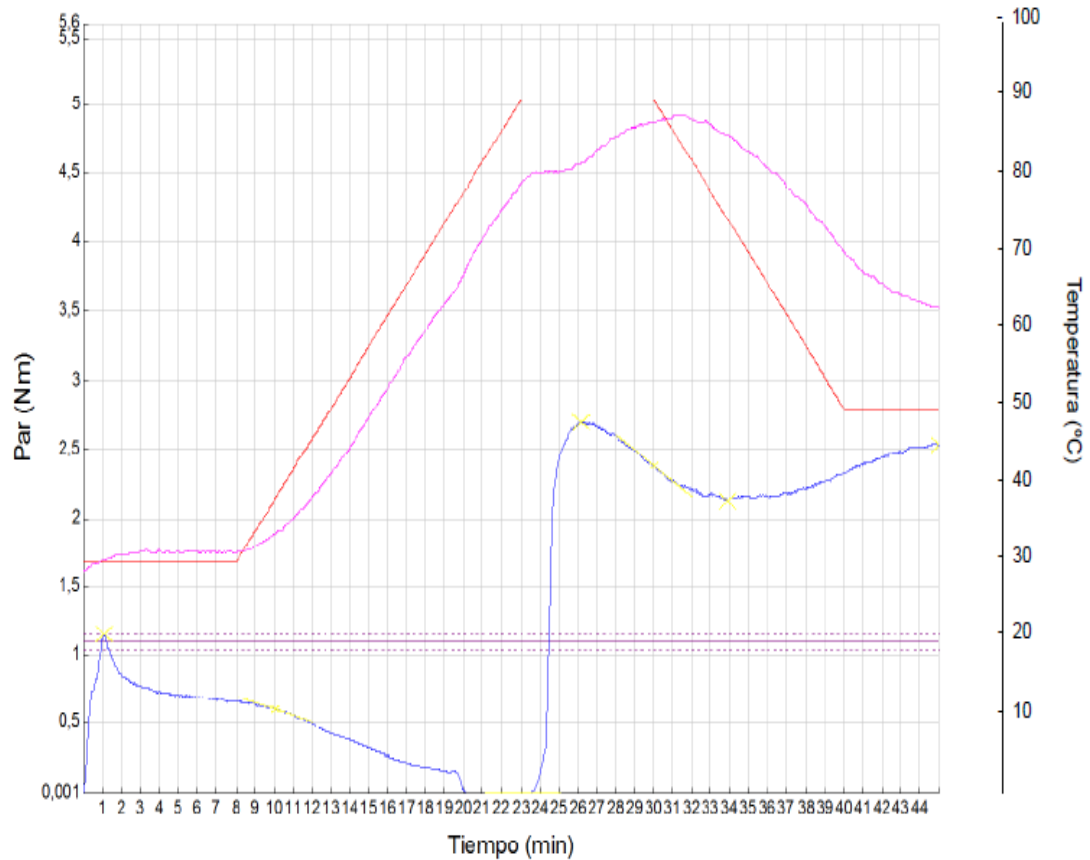


Figura B 29.Mixolab de la R1 (LB65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a1b0c1)

Fecha : 24/10/2014 Hora : 13:43

Muestra :

Hidratación: 64,0 % base 14% (b14)

Contenido de 12,7 %

Indice: 8-15-945

Metódica : Chopin+

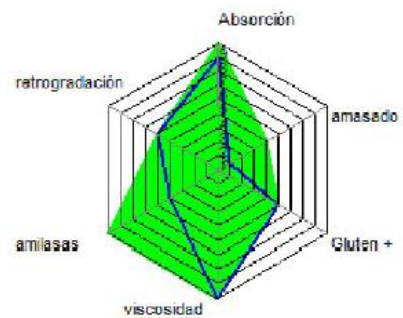
Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,050	Nm/min
β :	0,874	Nm/min
γ :	-0,146	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,38	1,06	30,4	0,14	1,50
C2	18,00	0,25	59,8		
C3	24,08	2,97	81,4		
C4	34,50	2,19	83,9		
C5	45,05	2,76	61,5		



Pharina de maiz1

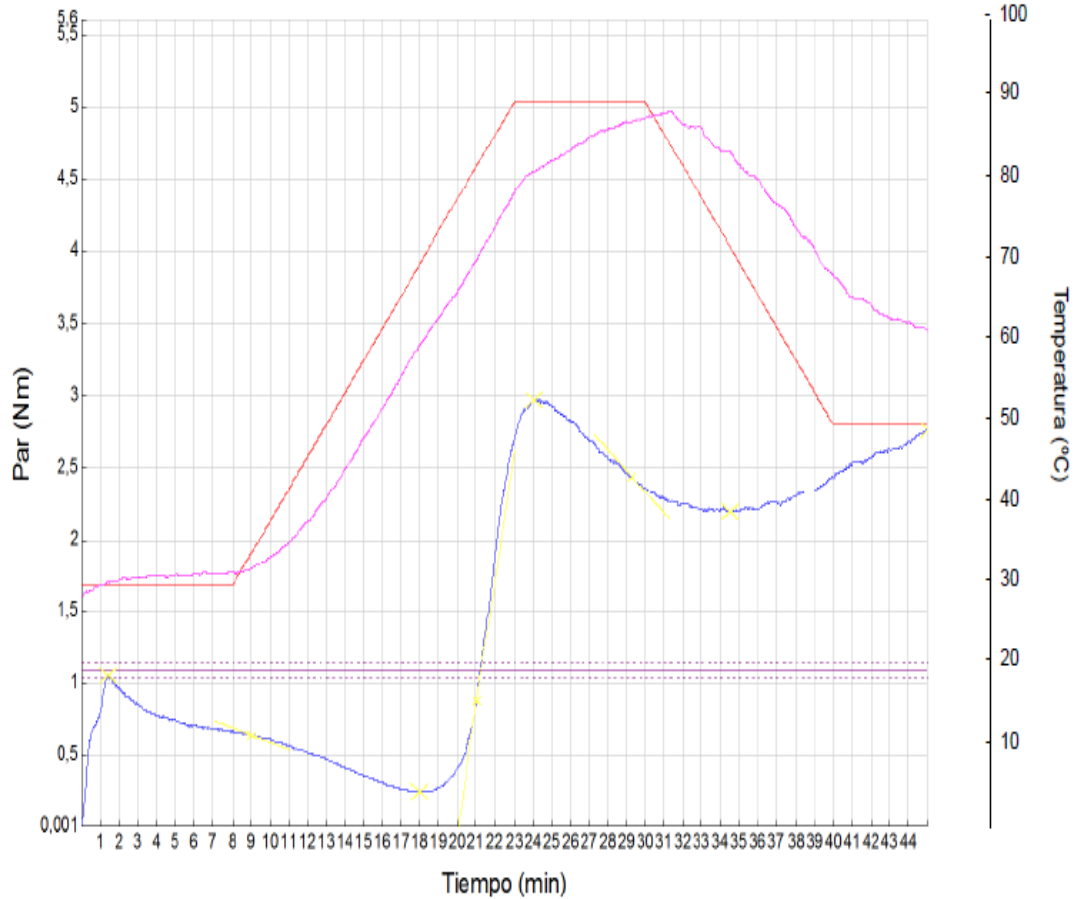


Figura B- 30. Mixolab de la R2 (LB65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2(a1b0c1)

Fecha : 27/10/2014 Hora : 10:32

Muestra :

Hidratación: 64,0 % base 14% (b14)

Contenido de 13,0 %

Indice: 8-05-940

Metódica : Chopin+

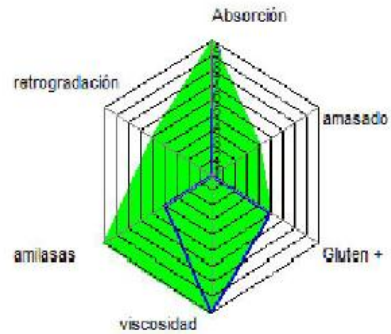
Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,032	Nm/min
β :	0,854	Nm/min
γ :	-0,100	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	0,97	1,14	30,2	0,17	1,45
C2	17,38	0,26	59,6		
C3	23,42	3,01	83,3		
C4	31,38	2,17	86,5		
C5	44,95	2,83	50,7		



Pharina de maiz1

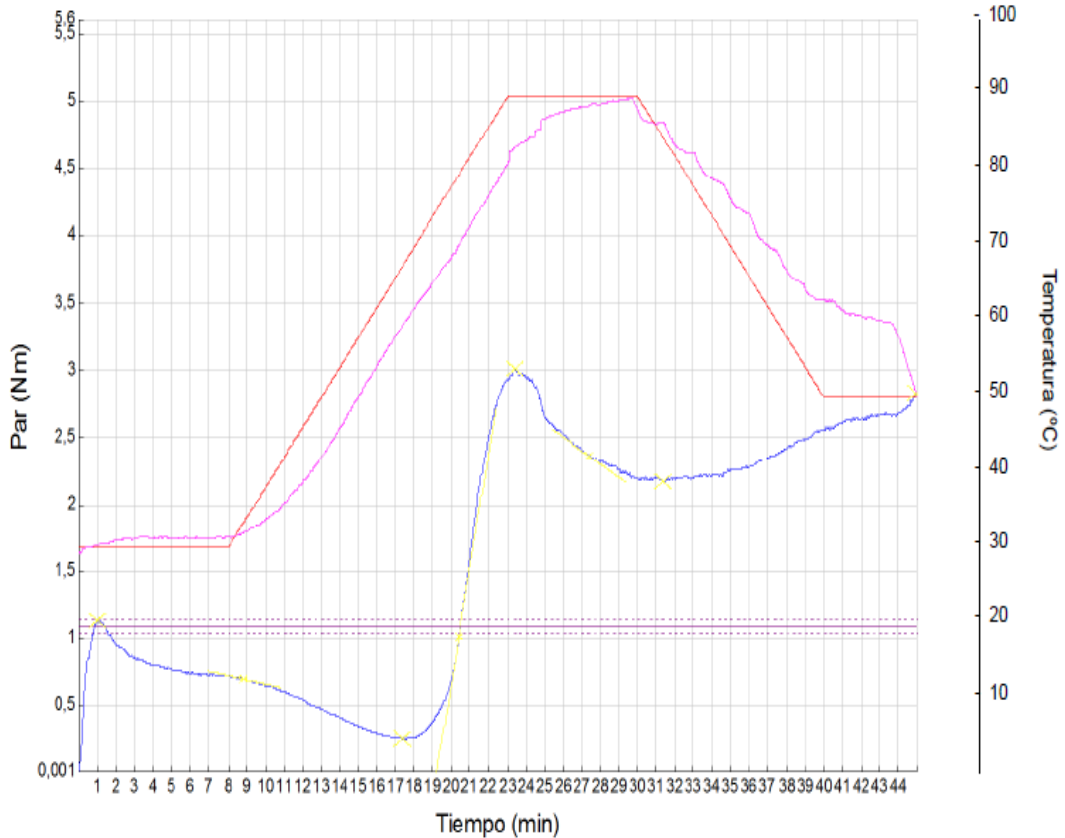


Figura B- 31. Mixolab de la R1 (LF50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1 (a1b1c0)

Fecha : 10/11/2014 Hora : 09:09

Muestra :

Hidratación: 63,8 % base 14% (b14)

Contenido de 13,2 %

Indice: 8-21-590

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,072	Nm/min
β :	0,002	Nm/min
γ :	-0,104	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,18	1,10	30,3	0,15	2,88
C2	19,78		64,2		
C3	26,47	2,41	81,2		
C4	32,53	2,13	86,0		
C5	44,95	2,58	62,4		



Perfil objetivo

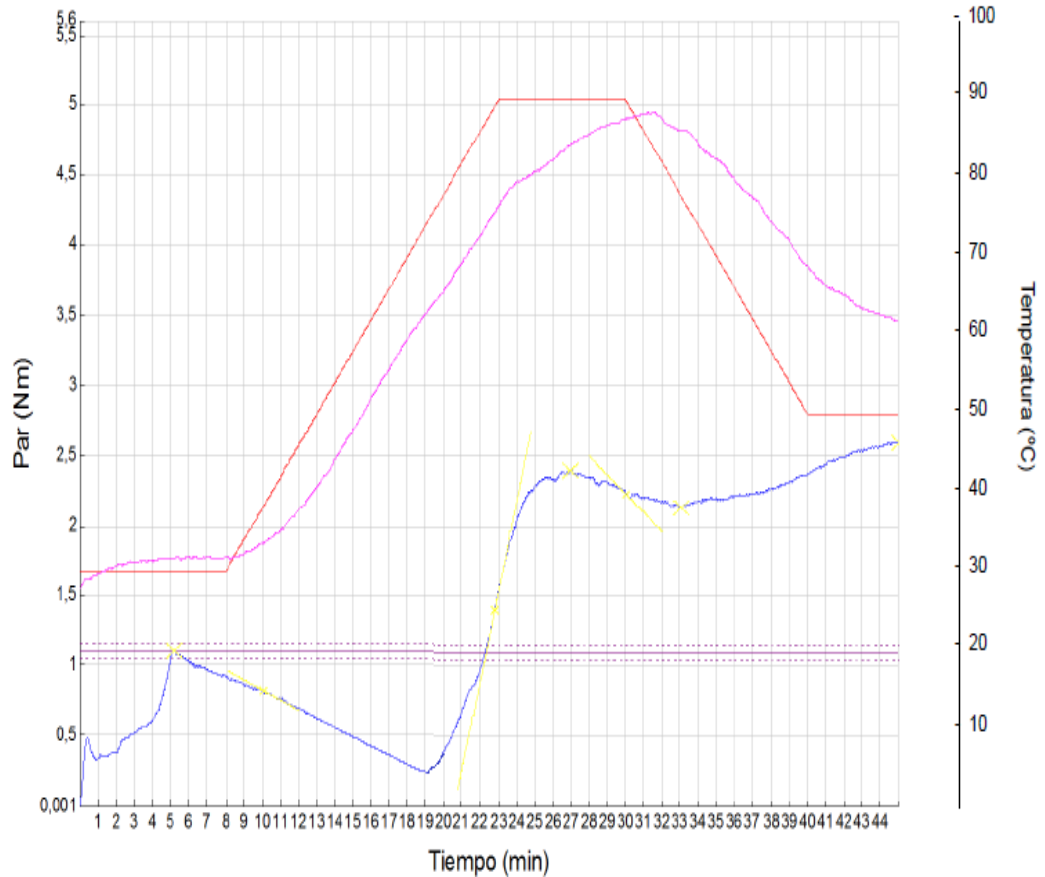


Figura B-32. Mixolab de la R2 (LF50°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2 (a1b1c0)

Fecha : 10/11/2014 Hora : 09:09

Muestra :

Hidratación: 63,8 % base 14% (b14)

Contenido de 13,2 %

Indice: 8-21-590

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,072	Nm/min
β :	0,002	Nm/min
γ :	-0,104	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5,18	1,10	30,3	0,15	2,88
C2	19,78		64,2		
C3	26,47	2,40	81,2		
C4	32,53	2,15	86,0		
C5	44,95	2,59	62,4		

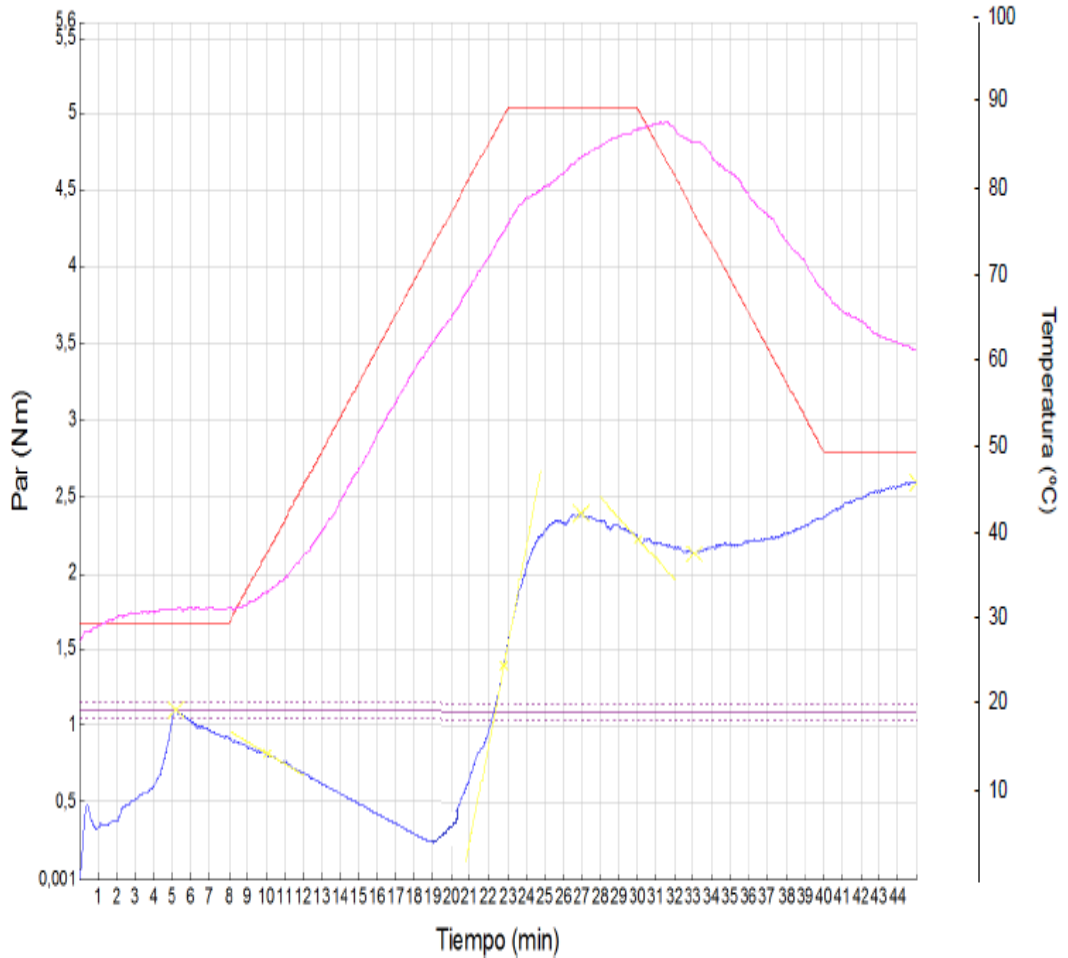


Figura B-33: Mixolab de la R1 (LF65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R1(a1b1c1)

Fecha : 30/10/2014 Hora : 12:19

Muestra :

Hidratación: 65,1 % base 14% (b14)

Contenido de 13,8 %

Indice: 8-15-944

Metódica : Chopin+

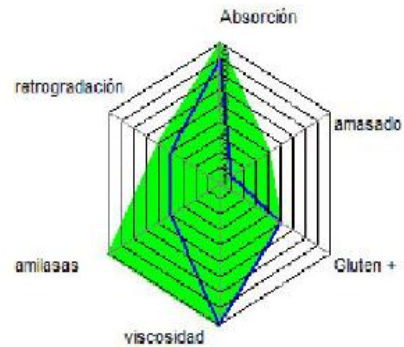
Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,020	Nm/min
β :	1,212	Nm/min
γ :	-0,074	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	3,02	1,12	30,6	0,15	1,08
C2	18,50		60,0		
C3	24,12	2,93	80,3		
C4	34,85	2,09	83,0		
C5	45,05	2,56	62,0		



Pharina de maiz1

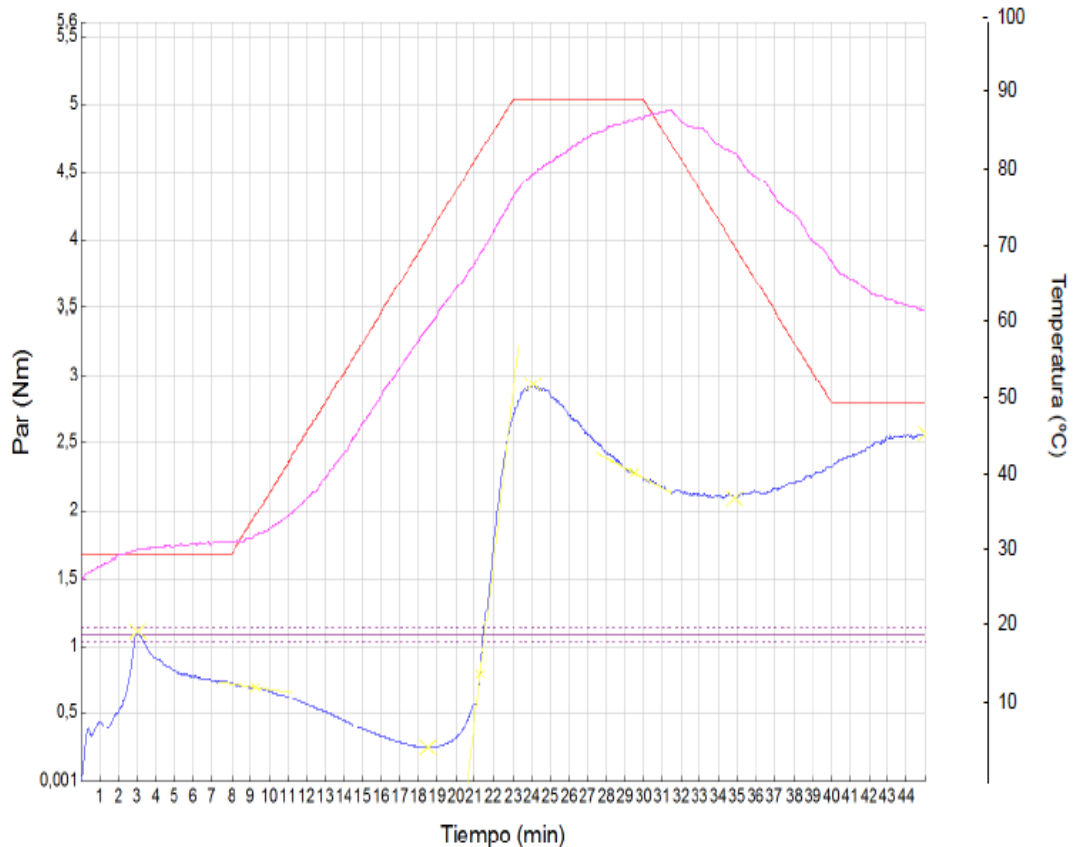


Figura B-34. Mixolab de la R2 (LF65°C)

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-R2(a1b1c1)

Fecha : 31/10/2014 Hora : 08:50

Muestra :

Hidratación: 65,4 % base 14% (b14)

Contenido de 14,0 %

Indice: 8-15-944

Metódica : Chopin+

Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito : 30,0 °C

Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,040	Nm/min
β :	1,102	Nm/min
γ :	-0,102	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,42	1,14	30,5	0,14	1,32
C2	18,70		59,5		
C3	24,53	2,99	80,1		
C4	35,40	2,13	81,3		
C5	45,05	2,56	62,5		

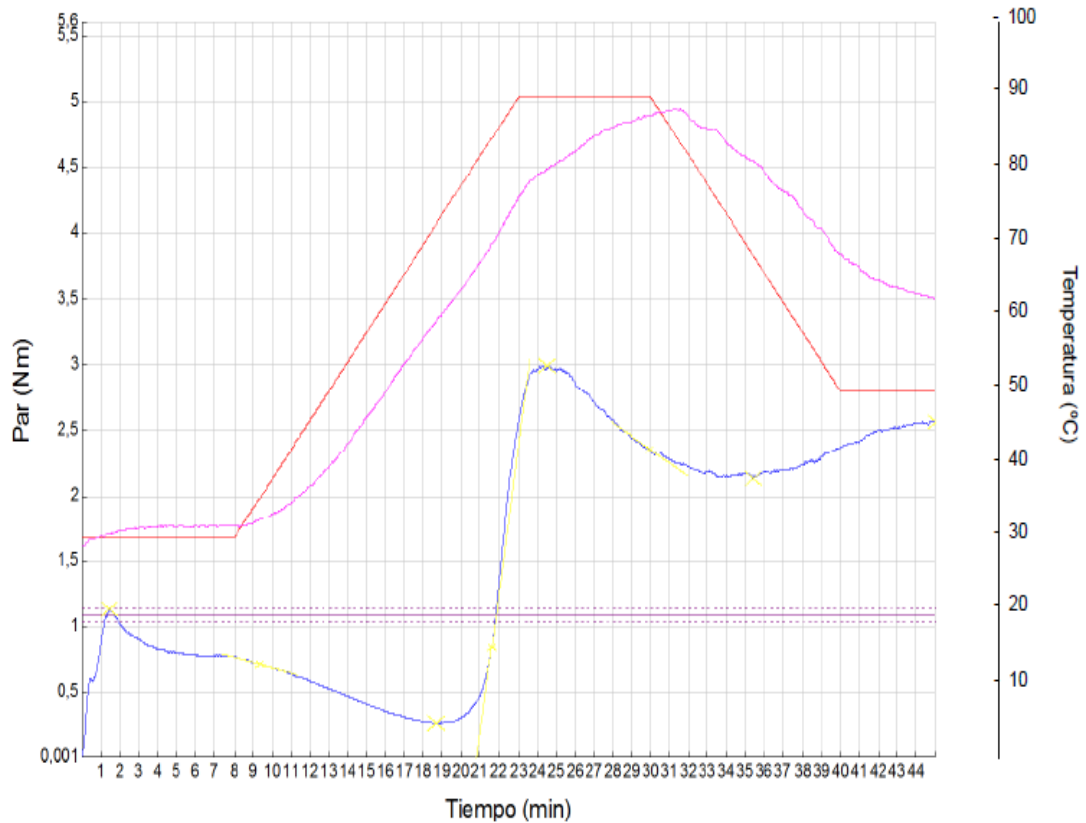
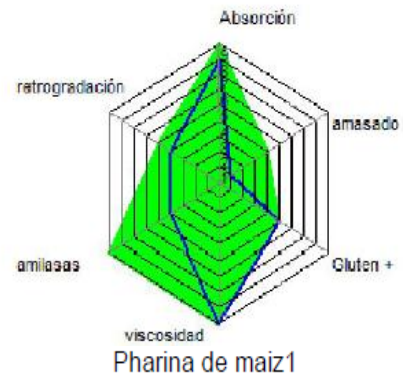


Figura B-35. Almidón sin fermentar

MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-almidon sin fermentar 2

Fecha : 08/10/2014 Hora : 10:46

Metódica : Chopin+
Peso de la masa 75,0 g
Temperatura del depósito : 30,0 °C
Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	0,002	Nm/min
β :	0,640	Nm/min
γ :	-0,134	Nm/min

Hidratación: 54,3 % base 14% (b14)
Contenido de 12 %
Indice: 1-15-885

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	0,98	1,15	29,8	0,21	3,62
C2	18,63	0,28	61,5		
C3	26,98	3,03	84,3		
C4	33,08	2,40	86,1		
C5	45,05	2,88	61,8		

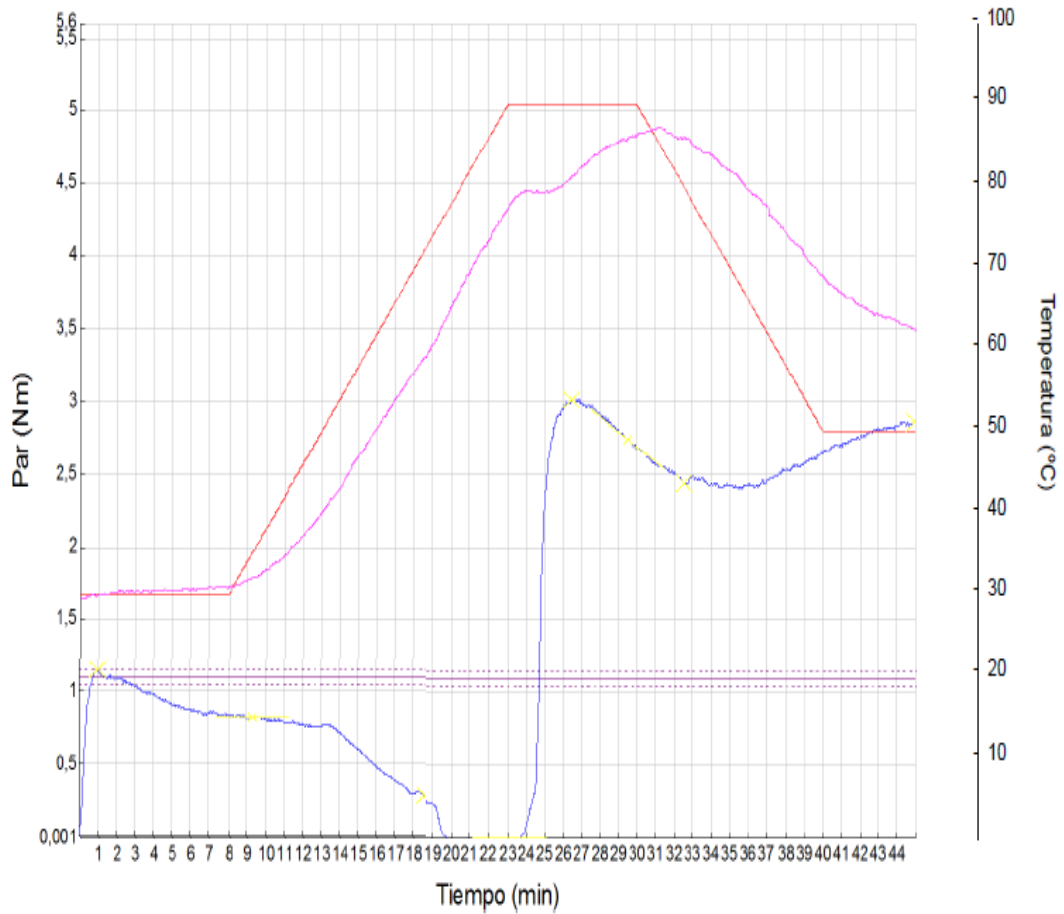
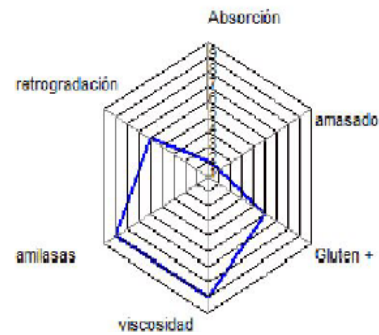


Figura B-36. Almidón sin fermentar
MIXOLAB



INIAP, EESC, DNC, IDPPA2
 Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua
 Ecuador, Pichincha – Mejía

PATRICIA ACURIO-almidon sin fermentar 2

Fecha : 08/10/2014

Hora : 12:30

Metódica : Chopin+

α : 0,002 Nm/min

Muestra :

Peso de la masa 75,0 g

β : 0,640 Nm/min

Hidratación: 54,3 % base 14% (b14)

Temperatura del depósito : 30,0 °C

γ : -0,134 Nm/min

Contenido de 12 %

Velocidad de amasado : 80 rpm

Indice: 1-15-885

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	0,98	1,15	29,8	0,21	3,62
C2	18,63	0,28	61,5		
C3	26,98	3,03	84,3		
C4	33,08	2,40	86,1		
C5	45,05	2,88	61,8		

