



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

**Determinación del contenido de gluten y propiedades reológicas de diferentes
variedades de trigo (*Triticum aestivum*).**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos

Autora:

Chancusig Pila Silvia Alexandra, MSc.

Tutora:

Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

Cotutora:

Morales Padilla María Monserrath, MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*)”, presentado por Silvia Alexandra Chancusig Pila, para optar por el título Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 20, 2023



Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

C.I. 1801504422

APROBACIÓN TRIBUNAL

El Trabajo de Titulación: “Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*)”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, noviembre, 15, 2023



Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa.

C.I. 0501773931

Presidente del tribunal



Mg. Nancy Fabiola Moreano Terán

C.I. 0503352122

Lector 2



Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

C.I. 0502645435

Lector 3

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto de investigación a Dios y a las personas más importantes en mi vida: A mi pareja de vida, Eduardo y mi hija Valentina, por ser el apoyo fundamental en mi formación personal y profesional, quienes con su amor me han dado la fuerza que necesito para alcanzar mis metas.

Alexandra.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Santa Catalina, en especial a la Doctora Clara Elena Villacrés cuyo aporte, dedicación y tiempo fue fundamental para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Silvia Alexandra

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, octubre, 20, 2023



Silvia Alexandra Chancusig Pila

C.I. 0502910151

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, octubre, 20, 2023



Silvia Alexandra Chancusig Pila

C.I. 0502910151

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*)”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, noviembre, 15, 2023



Mg. Zofía Eliana Zambrano Ochoa

C.I. 0501773931

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Título: “Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*)”

Autor: Chancusig Pila Silvia Alexandra

Tutor: Ing. Alim Clara Elena Villacrés Poveda Ph.D.

RESUMEN

El trigo es un cultivo de importancia económica por su relevante composición nutricional como: proteínas, lípidos, fibra, minerales (hierro, magnesio, zinc, potasio, calcio y fósforo), además de contener aminoácidos. El objetivo de la presente investigación fue determinar el contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*). Para lo cual, se utilizó un Diseño Completamente Alzar, donde el Factor C= Variedad de trigo y Factor B = Niveles de nitrógeno, con tres repeticiones, además, se analizaron características fisicoquímicas y contenido de gluten. En cuanto a la humedad no presentaron diferencia significativa, mientras que el contenido de gluten húmedo situó valores entre 17,4 a 38,89 %; gluten seco resultados entre 8,38 a 15,87 %.; fuerza de gluten situó 2,20 – 6,00 y contenido de proteína 10,54 a 13,71. En relación a las características reológicas de las harinas obtenidas de las diferentes variedades de trigo, variedad INIAP - COJITAMBO 92 obtuvo mayor absorción de agua (66,08), en el desarrollo de la masa el tiempo osciló entre 0,63 a 1,89 % en la harina obtenida de las variedades INIAP- ZHALAO 2003 y INIAP- VIVAR 2010 respectivamente. En la estabilidad las muestras situaron un rango entre 1,97 y 7,34. Mientras que, el debilitamiento de las proteínas C2 (Nm) se obtuvieron valores similares, sucediendo lo contrario con la gelatinización del almidón C3 (Nm), actividad amilácea C4 (Nm) y la retrodegradación del almidón C5 (Nm) que presentaron variabilidad en sus resultados.

Palabras clave: harina, gluten, reológicas, trigo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS

Title: Determination of gluten content and rheological properties of different wheat (*Triticum aestivum*) varieties

Autor: Chancusig Pila Silvia Alexandra

Tutor: Ing. Alim. Clara Elena Villacrés Poveda Ph.D.


ABSTRACT

Wheat is a crop of economic importance due to its relevant nutritional composition such as: proteins, lipids, fiber, minerals (iron, magnesium, zinc, potassium, calcium and phosphorus), besides containing amino acids. The objective of this research was to determine the gluten content and rheological properties of different varieties of wheat (*Triticum aestivum*). For this purpose, a Fully Loaded Design was used, where Factor C = wheat variety and Factor B = nitrogen levels, with three replications, in addition, physicochemical characteristics and gluten content were analyzed. In terms of moisture, there was no significant difference, while the wet gluten content showed values between 17.4 and 38.89 %; dry gluten results between 8.38 and 15.87 %; gluten strength between 2.20 and 6.00 and protein content between 10.54 and 13.71 %. In relation to the rheological characteristics of the flours obtained from the different varieties of wheat, variety INIAP - COJITAMBO 92 obtained greater absorption of water (66.08), in the development of the dough the time oscillated between 0.63 to 1.89 % in the flour obtained from the varieties INIAP- ZHALAO 2003 and INIAP- VIVAR 2010 respectively. The stability of the samples ranged between 1.97 and 7.34. While, the C2 protein weakening (Nm) obtained similar values, the opposite happened with the C3 starch gelatinization (Nm), C4 starch starch activity (Nm) and C5 starch retrogradation (Nm), which presented variability in their results.

KEY WORDS: flour, gluten, rheological, wheat

Maza Zhuma Jennifer Brigitte con cédula de identidad número: 1726652751 Licenciado/a en: CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCIÓN INGLÉS con número de registro de la SENESCYT 1031-2019-2063586 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **Determination of gluten content and rheological properties of different wheat (*Triticum aestivum*) varieties** de: Silvia Alexandra Chancusig Pila aspirante a magister en Agroindustria con Mención en Tecnología de Alimentos.

Loja, 17 de octubre del 2023


Maza Zhuma Jennifer Brigitte
1726652751

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INFORMACIÓN GENERAL:.....	1
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y MÉTODOS	3
Materia prima	3
Diseño experimental.....	3
Características fisicoquímicas	4
Humedad	4
Gluten húmedo y seco	5
Fuerza de gluten	6
Proteína	7
Características reológicas.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
Caracterización fisicoquímica y contenido de gluten	8
Caracterización reológica de las harinas obtenidas de nueve variedades de trigo (<i>T. aestivum</i>).....	10
CONCLUSIONES	13
ANEXOS	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos en estudio	4
Tabla 2: Peso de la harina para evaluar en contenido de gluten (en 10g de harina con 14% de humedad.	5
Tabla 3: Clase de harina de trigo según el contenido de gluten húmedo al 14% de humedad.	6
Tabla 4: Características fisicoquímicas y contenido de gluten de los tratamientos (variedades de trigo más concentraciones de nitrógeno)...	10
Tabla 5: Propiedades reológicas de las harinas de variedades nacionales de trigo	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Prueba de sedimentación con SDS.	6
Figura 2: Comportamiento reológico mediante la curva Mixolab.	8

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis del contenido de humedad de las nueve variedades de harina de trigo (T, aestivum)	19
Anexo 2: Determinación del contenido de proteína por el método Kjeldahl de las nueve variedades de harina de trigo (T, aestivum).	19
Anexo 3: Determinación del contenido del gluten húmedo y seco de las nueve variedades de harina de trigo (T, aestivum).....	19
Anexo 4: Análisis para determinar la Fuerza de gluten de las nueve variedades de harina de trigo (T, aestivum)	20
Anexo 5: Análisis reológico de las nueve variedades de harina de trigo (T, aestivum)	20
Anexo 6: Resultados arrojados por el equipo Mixolab de la variedad de harina INIAP-VIVAR 2010.....	21

INFORMACIÓN GENERAL:

Título del Proyecto: Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*).

Línea de investigación: Proceso tecnológico bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

Proyecto de investigación asociado: Manejo de cosecha y postcosecha de productos agrícolas y estudio de los procesos de transformación de residuos agropecuarios.

Grupo de Investigación: UTC- INIAP 2023

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum*) es el cereal más cultivado a nivel mundial y ocupa un lugar crucial en la agricultura (Oyeyinka & Bassey, 2023). Según la FAO, se espera que la utilización mundial de cereales alcance 2.804 millones de toneladas en 2023/24, que sigue siendo un 0,8 % (21,8 millones de toneladas) más alta que en 2022/23. La previsión de la utilización total de trigo a disminuido de 1,7 millones de toneladas a 783 millones de toneladas, aunque supera en un 0,5 % el nivel de 2022/23 (FAO, 2022) .

El trigo suministra aproximadamente el 55% de los carbohidratos y el 21% de las calorías alimentarias consumidas en todo el mundo, además, es rico en proteínas (gluten), minerales (Cu, Mg, Zn, P y Fe), vitaminas (grupo B y E), riboflavina, niacina, tiamina. y fibra dietética (Khalid et al., 2023). Desde el punto de vista de la calidad panadera, los atributos más importantes a tener en cuenta son el contenido de proteínas del trigo, gluten húmedo, propiedades reológicas de las masas medidas por alveógrafo, farinógrafo y ensayo de panificación, (Perez, 2023). Los productos de harina como el pan, fideos y otros productos se elaboran con harina de trigo y son el principal alimento del ser humano (Zhang, 2020).

El trigo es uno de los cultivos más importantes en la serranía ecuatoriana, constituye parte de la canasta básica para pequeños productores de la región (Sarchi-Laines & Guerrero-Zurita, 2022). Este cultivo se desarrolla en todo el callejón interandino (provincias de Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha). Siendo la provincia de Carchi la de mayor producción con un cultivo de más de 2.976 ha (Ponce, 2020). Uno de los mayores problemas que existe es que la cantidad producida en nuestro país no es suficiente para poder satisfacer las demandas locales de consumo, por lo que el 98% de los cereales que se consumen en nuestro país son importados (Garófalo, 2018).

El cereal importado se destina principalmente para actividades agro industriales, la producción local cubre el 2% de la demanda nacional. Con estos datos se puede comprobar que el Ecuador es un país totalmente dependiente de las importaciones de trigo para poder cubrir la demanda existente, (Vallejos, 2020, pág. 7).

Sin embargo, la producción de trigo en Ecuador lleva un déficit en la producción de trigo desde hace más de 30 años, cabe mencionar que, la producción ecuatoriana de trigo es afectada anualmente por diferentes factores limitantes abióticos, como el déficit hídrico, nutricional y las temperaturas extremas en estado crítico del cultivo (Montenegro-Montenegro, 2012).

En este contexto, el INIAP impulsa la producción de trigo en Ecuador, mediante la creación de semillas con énfasis en la generación de genotipos mejorados con buenas características agronómicas, resistencia a las principales enfermedades y que reúna las características solicitadas por las industrias (INIAP, 2009). Las variedades mejoradas de trigo de las especies (*Triticum aestivum*) deben presentar características adecuadas para panificación, galletería y pastificio, puesto que en el país el consumo de pan y otros productos derivados de la harina de trigo mantiene una tendencia de incremento, que correspondió a un 12,7% en 2017 (INEC, 2015).

La producción y la calidad del trigo se pueden mejorar mediante el desarrollo de nuevas variedades que puedan producir un rendimiento superior y funcionar mejor en diversas condiciones y tensiones agroclimáticas (Villaseñor, 2015). Por antes expuesto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las nueve variedades de harina trigo se obtuvieron de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada a 13 km. al sur de Quito, Ecuador con una Latitud: 0°22'S, Longitud: 78°33'0 y a una altura de 3050 m.s.n.m.

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial A*B (Tabla 1), donde Factor A: Variedades de trigo y Factor B= Niveles de nitrógeno, con tres repeticiones. Para determinar diferencia significativa entre las medias de los

tratamientos se empleó una prueba de Tukey ($p < 0,05$) mediante el software estadístico InfoStat versión libre, 2020

Tabla 1: *Tratamientos en estudio*

Tratamientos	Descripción
T1	INIAP - COJITAMBO 92 + 0 % de nitrógeno
T2	INIAP - COJITAMBO 92 + 120 % de nitrógeno
T3	INIAP- QUILINDAÑA 94 + 0 % de nitrógeno
T4	INIAP- QUILINDAÑA 94 + 120 % de nitrógeno
T5	INIAP- SANGAY 94 + 0 % de nitrógeno
T6	INIAP- SANGAY 94 + 120 % de nitrógeno
T7	INIAP- COTACACHI 98 + 0 % de nitrógeno
T8	INIAP- COTACACHI 98 + 120 % de nitrógeno
T9	INIAP- ZHALAO 2003 + 0 % de nitrógeno
T10	INIAP- ZHALAO 2003 + 120 % de nitrógeno
T11	INIAP- MIRADOR 2010 + 0 % de nitrógeno
T12	INIAP- MIRADOR 2010 + 120 % de nitrógeno
T13	INIAP- SAN JACINTO 2010 + 0 % de nitrógeno
T14	INIAP- SAN JACINTO 2010 + 120 % de nitrógeno
T15	INIAP- VIVAR 2010 + 0 % de nitrógeno
T16	INIAP- VIVAR 2010 + 120 % de nitrógeno
T17	INIAP- IMBABURA 2014 + 0 % de nitrógeno
T18	INIAP- IMBABURA 2014 + 120 % de nitrógeno

Características fisicoquímicas

Los Métodos son adaptados en el Departamento de Nutrición y Calidad del EESC- INIAP.

Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante estufa a 105 °C por un período de 8 horas (AOAC, 2000). El porcentaje de humedad se determinó por triplicado al pesar 2 gramos de harina de trigo, lavar las cápsulas de aluminio con agua destilada, secar en una estufa a 105°C por 8 horas, sacar en un desecador y una vez fríos pesar de 1 a 2 gramos de muestra molida en cápsula metálica, se lleva a la estufa a 105°C por 12 horas (preferible una noche), se saca la cápsula metálica con la muestra en un desecador hasta que estén fríos y pesar.

El contenido de humedad se expresó en porcentaje (%) de acuerdo con la ecuación número 1.

$$\%H = \frac{(Pcv+Pcmh)-Pcms}{Pcmh} \times 100 \text{ Ecu 1}$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad.

Pcv= Peso de la capsula metálica vacía

Pcmh= Peso de la capsula metálica más muestra humedad.

Pcms= Peso de la capsula metálica más muestra seca.

Gluten húmedo y seco

Se empleó el método tradicional de lavado descrito por Coca-Cadena et al., (2021) con ciertas modificaciones. Para el cual, en un vaso de precipitación de 50 ml, se pesó la cantidad de harina de trigo de acuerdo a la Tabla 2, luego se adicionó 2,5 ml de solución salina de cloruro de sodio al 2 %. Se amasó la mezcla durante 2 min y se lavó la masa a presión mediante un tamiz y tul, finalmente, se coloca el gluten húmedo en una tostadora (marca Oster) con superficie plana, durante 5 min; así se obtuvo la cantidad de gluten seco (AACC, 2021).

El contenido de gluten se expresa en %, de acuerdo con ecuación 3 y 4.

$$GH = \frac{\text{Peso del gluten humedo (g)}}{\text{peso de harina (g)}} \times 100\% \text{ Ecu 3}$$

$$GS = \frac{\text{Peso del gluten seco(g)}}{\text{peso de harina (g)}} \times 100\% \text{ Ecu 4}$$

Tabla 2: *Peso de la harina para evaluar en contenido de gluten (en 10g de harina con 14% de humedad).*

Humedad (%)	Gramos de harina
9,0 – 9,9	9,5
10,0 – 10,9	9,6
11,1 – 11,8	9,7
11,9 – 12,7	9,8
12,8 – 13,6	9,9
13,7 – 14,4	10,0
14,5 – 15,3	10,1

Fuente: (Coca et al., 2021)

Según el contenido de gluten en la harina de trigo (*Triticum aestivum*), puede clasificarse en débiles, intermedios y fuertes (GRANOTEC, 2018), como se detalla en la tabla 3.

Tabla 3: Clase de harina de trigo según el contenido de gluten húmedo al 14% de humedad.

Clase de trigo	Gluten húmedo %
Fuertes	Mayor a 30
Intermedios	25 – 29,9
Suaves	18 – 24,9

Fuente: (GRANOTEC, 2018, pág. 33)

Fuerza de gluten

Se empleó el método descrito por (Peña, 2021), en el cual consistió en una prueba de sedimentación con dodecil sulfato de sodio (SDS). En una probeta (con tapón) de 25 ml se pesó 1g de harina de trigo y se adicionaron 6 ml de una solución de azul de bromofenol. Se agitaron en un vórtex durante 2-4 s, se midió el tiempo con un cronometro. La agitación de vórtex se repitió al tiempo de 2min 40s y al 4min 40s, al tiempo 4min 45s se adicionaron 19 ml de una solución de ácido láctico con SDS (17 ml de ácido láctico al 85% más 480ml de SDS) para *T. aestivum*. Se colocó el tapón en la probeta y se agitó la mezcla en un agitador oscilatorio por 1min, colocar la probeta sobre una base con fondo iluminado para sedimentar las muestras por 14 min. Se tomó la lectura del volumen de sedimento al término de este tiempo, a valores altos de sedimentación, la fuerza de gluten es mayor y viceversa.

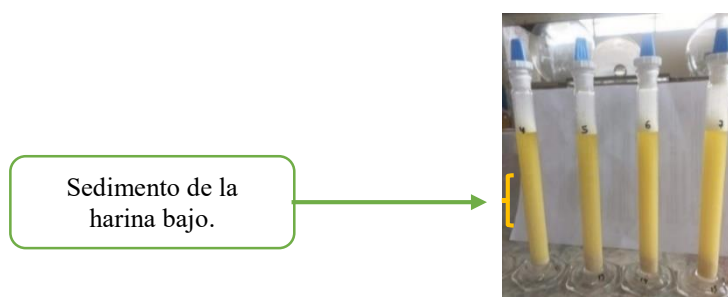


Figura 1: Prueba de sedimentación con SDS.

En la figura 1. Se observa la baja sedimentación de la harina al final del proceso. Esto indica que la fuerza del gluten de esta harina es débil, ya que la capacidad de hinchamiento de la proteína en medio ácido fue baja. El método determina la calidad de la proteína (gluten) por sus componentes aminoácidos específicos para la calidad de gluten, probablemente por ser capaz de separar subunidades de glutenina de alto y medio peso molecular que contenga en su cadena cisteínas, únicas capaces de formar puentes disulfuros (Peña, 2021).

Proteína

Se utilizó el método de Kjeldahl descrito en AOAC (2022) con modificaciones realizadas en el laboratorio de Nutrición y Calidad de (INIAP). Se pesó en un matraz micro-Kjeldahl 0,15 g de harina de trigo y 1 g de catalizador, el cuello del matraz debe estar expedito de cualquier sustancia, al matraz se agregó 2,5 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, la digestión se realizó a 75°C por 30 minutos y 90°C por 60 minutos, por los bordes del cuello del matraz se agregó 7 ml de agua destilada, el matraz fue lavado con 5 ml de H₂O, seguidamente, se añadió 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 30 %, se recolectó 40 ml del destilado en un erlenmeyer que contenía 10 ml de ácido bórico con dos gotas del indicador. El resultado presentó una tonalidad verdosa. Finalmente, el destilado es titulado con ácido clorhídrico 0,1N (HCl), hasta obtener un color violeta. El contenido de proteína se expresó en porcentaje (%) de acuerdo con la ecuación número 2.

$$\%N = HCl \times \frac{\text{Vol. ácido corregido}}{\text{g de muestra}} \times 14 \text{ gN} \times 100 \text{ Ecu 2}$$

Donde:

HCl= Normalidad del HCL en moles/1000ml

Vol. De ácido corregido= (ml ácido estandarizado para la muestra) – (ml de ácido estandarizado para el blanco).

14 g N= Peso atómico del nitrógeno.

Características reológicas

En la Figura 2 se indica el comportamiento reológico mediante el equipo Mixolab, donde se evaluó la absorción de agua (C1); la calidad de la proteína (C2); gelatinización del almidón (C3); actividad amilásica (C4) y retrogradación del almidón (C5). La prueba consiste en la preparación de una masa hidratada constantemente durante la primera fase del test, la misma que se va desarrollando a lo largo de la curva mostrando cinco picos representados con los valores de C1, C2, C3, C4 y C5 (Dubat & Boinot, 2012).

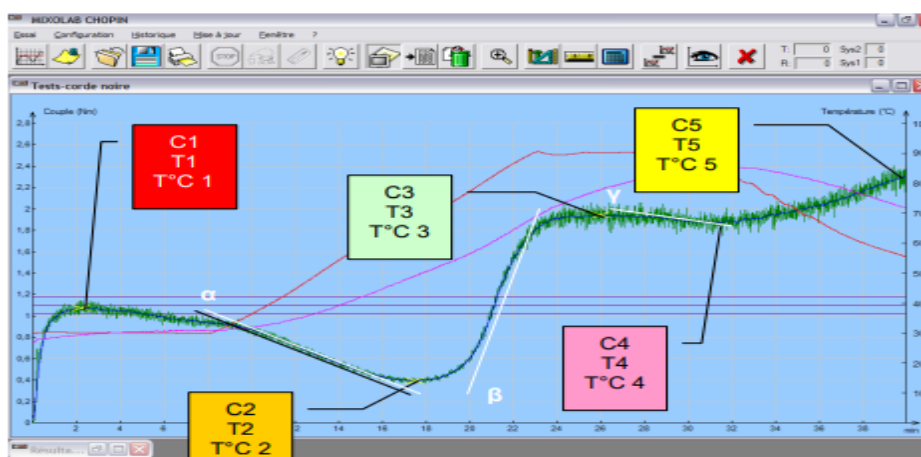


Figura 2: Comportamiento reológico mediante la curva Mixolab.

Fuente: (Mixolab, 2016)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fisicoquímica y contenido de gluten

En la Tabla 4 se detallan las características fisicoquímicas y contenido de gluten de los tratamientos en estudio.

Las nueve variedades de harina de trigo en estudio no incidieron significativamente ($p > 0,05$) en el contenido de humedad, obteniendo valores entre 11,43 % del T1, donde se utilizó 0 % de Nitrógeno y 12,83 % de la variedad T4 donde se empleó 120 % de Nitrógeno (Vásquez-Castillo & Matos-Chamorro, 2021), en diferentes variedades de harina de trigo. Así como también, (Perez, 2023), reportó un valor promedio de humedad de 13,52 %. Por otro lado, la norma técnica ecuatoriana

“NTE INEN 616:2006” menciona que, la harina para panificación, galletas y pasta deben tener una humedad máxima de 14,50 %.

Según el contenido de gluten húmedo, la harina de trigo puede clasificarse en débiles (18 - 24,90), intermedios (25 – 29,90) y fuertes (>30 %). En la presente investigación, los tratamientos donde se utilizó 120 % de nitrógeno en el cultivo presentaron valores superiores a 30 % lo cual se denominan como fuertes, mientras que, donde se empleó 0 % de nitrógeno se obtuvo harina con características débiles. Es necesario enfatizar que, el exceso de nitrógeno en la fertilización de trigo transfiere al grano y a la harina más gliadina, una proteína que interviene en la formación del gluten (Lerner et al., 2015). Por otro lado, Cazares-Torres (2022) determinó un promedio de 28,35 % en harina de trigo donde utilizó pequeñas concentraciones de nitrógeno.

Los resultados de gluten seco de la harina registraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) demostrando que, los tratamientos donde se utilizaron 120 % de nitrógeno en los cultivos de trigo obtuvieron mayor contenido de gluten seco, situando valores entre 8,38% en el T11 y 15,87 % en el T8. De acuerdo con (Dillchneider, 2020) quién menciona que, los factores ambientales y la fertilización influyen en la composición y polimerización de las proteínas del gluten.

Respecto a la fuerza del gluten se observó que los T1 y T18 con 6,10 y 6,00 respectivamente; son estadísticamente superior al T7 (2,20) que obtuvo la menor fuerza del gluten. Valores similares a los reportados por (Xiaoyang et al., 2022) quienes indican una fuerza de 10 %; además, mencionan que, la fuerza de gluten se correlaciona con el porcentaje de proteína; es decir que, a mayor cantidad de proteína, mayor fuerza de gluten presentaron las muestras.

En el contenido de proteína se demostró diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) situando valores entre 10,54 % a 13,71 %, además, se denotó que, el contenido de proteína está influenciado por las distintas concentraciones de nitrógeno, demostrando que, a mayor concentración de nitrógeno mayor porcentaje de proteína; sucediendo lo contrario cuando se empleó 0 % de nitrógeno. Los resultados obtenidos guardan relación con (Enríquez et al.,

2022), quienes obtuvieron rangos entre 9,57 % a 11,67% en las variedades Zhalal y Cotacachi cultivadas en la serranía ecuatoriana. Por su parte, (Calvo et al., 2020), señalaron que el nitrógeno (N) es un nutriente que con mayor frecuencia condiciona la obtención de contenidos adecuados de gluten y de proteína en los granos de trigo.

Tabla 4: Características fisicoquímicas y contenido de gluten de los tratamientos (variedades de trigo más concentraciones de nitrógeno)

Tratamientos	Humedad [%]	Gluten húmedo [%]	Gluten seco [%]	Fuerza del gluten [ml]	Proteína [%]
T1	11,43 ^a	19,55 ^a	9,91 ^b	6,10 ^f	11,72 ^b
T2	12,0 ^a	33,52 ^c	13,02 ^c	4,3 ^c	14,26 ^f
T3	11,5 ^a	18,18 ^a	9,66 ^b	2,70 ^b	11,40 ^c
T4	12,8 ^a	32,73 ^b	14,61 ^d	2,00 ^a	13,63 ^e
T5	11,73 ^a	19,73 ^a	9,96 ^b	5,30 ^d	9,85 ^b
T6	12,45 ^a	34,71 ^d	14,09 ^d	5,10 ^d	13,43 ^e
T7	11,0 ^a	21,12 ^{ab}	8,89 ^a	2,20 ^a	10,07 ^b
T8	12,02 ^a	34,40 ^c	15,87 ^e	3,00 ^b	13,40 ^e
T9	11,30 ^a	18,06 ^a	9,84 ^b	4,80 ^c	8,85 ^a
T10	12,20 ^a	38,89 ^f	14,71 ^d	4,80 ^c	14,06 ^f
T11	11,9 ^a	17,47 ^a	8,38 ^a	5,00 ^{cd}	10,34 ^b
T12	12,48 ^a	36,23 ^e	14,05 ^d	5,30 ^{bc}	13,80 ^e
T13	11,83 ^a	19,18 ^a	10,33 ^c	4,20 ^e	11,04 ^c
T14	12,45 ^a	32,09 ^{ab}	13,72 ^d	5,40 ^d	13,56 ^e
T15	11,80 ^a	21,45 ^a	9,94 ^b	5,20 ^d	10,94 ^{bc}
T16	12,21 ^a	33,94 ^c	14,10 ^d	5,00 ^d	13,30 ^a
T17	11,57 ^a	18,42 ^a	8,63 ^a	5,20 ^d	10,93 ^{bc}
T18	12,02 ^a	31,36 ^c	15,09 ^e	6,00 ^f	13,93 ^a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95%

Caracterización reológica de las harinas obtenidas de nueve variedades de trigo (*T. aestivum*).

En la Tabla 5 se muestran las propiedades reológicas (absorción de agua, tiempo de desarrollo de masa, estabilidad, C2, C3, C4 y C5) de las harinas de nueve variedades nacionales de trigo.

Los valores de absorción de agua de las harinas oscilaron entre 65,55 - 66,08 %. (Lascano & Alexandra, 2022) indica que, una buena calidad de harina, apta para panificación debe tener una capacidad de absorción mayor a 65 %; de acuerdo con esto, las variedades INIAP- COJITAMBO 92; INIAP- COTACACHI 98 y INIAP- IMBABURA 2014 pueden ser utilizadas para la producción de pan. Por otro lado, valores $< 60\%$, indica una harina de inferior calidad que debe verificarse con la

información de cantidad y calidad de gluten. En cambio, (Sánchez et al., 2023), obtuvieron de absorción en agua un porcentaje de 157,82 % para harina de chocho guaranguito y 139,18 % en fréjol canario.

En el tiempo de desarrollo de la masa, las muestras presentaron diferencia significativa ($p > 0,01$), obteniendo valores entre 0,63 min a 1,89 min. (Tietze et al., 2019), mencionan que el tiempo de desarrollo de las harinas se refiere al período de tiempo necesario para que la masa se desarrolle adecuadamente durante el proceso de amasado, es decir muestra el comportamiento de la masa el cual permite diferenciar harinas de amasado lento o rápido (Tietze et al., 2019). Además, (De la Horra et al., 2015), enfatiza que, tiempo mayor a 5 se denominan como harinas fuertes e inferior a 5 como harinas débiles. Con base a lo expuesto, las muestras en este estudio obtuvieron valores inferiores a 5 min; por lo cual, se denominan harinas débiles.

En cuanto a estabilidad de la masa de la harina a partir de diferentes variedades de trigo se observó diferencias significativas ($p < 0,05$), determinándose una estabilidad entre 1,97 min a 7,57 min (Le Bleis et al., 2015), mencionan que las harinas fuertes, apta para la elaboración de pan, poseen una estabilidad mayor a 7 min mientras que las harinas débiles presentan valores inferiores. De esta forma, se menciona que, la harina obtenida de las variedades INIAP- MIRADOR 2010 y INIAP- VIVAR 2010 son excelentes para panificación; mientras que, la harina de las otras variedades estudiadas, son incapaces de resistir la presión del gas carbónico producido durante la fermentación, es decir no permitirán obtener panes de volúmenes altos y de mejor calidad.

En la calidad de la proteína (C2) de la harina de trigo se determinó que no existió diferencia significativa ($p > 0,05$); es decir las distintas variedades de trigo no indican en la calidad de la proteína, obteniendo valores que oscilaron entre 0,17 Nm a 0,40 Nm. Los bajos valores de C2 pueden afectar negativamente la calidad final del producto horneado, debido a que, la masa pierde la capacidad de retener el CO_2 durante la fermentación y no alcanza una textura adecuada (Bustillos, 2022).

Los resultados de gelatinización del almidón (C3), presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) estableciendo los valores más altos en la variedad INIAP-VIVAR 2010, INIAP-IMBABURA 2014 e INIAP-ZHALAO 2003 con 1,48 Nm y 1,38 Nm respectivamente. En comparación, de las variedades INIAP-MIRADOR 2010 y INIAP-COJITAMBO 92 que obtuvieron el menor grado de gelatinización del almidón (1,19 Nm y 0,94 Nm). Los valores obtenidos en el presente estudio guardan relación con (Hasna et al., 2020) quienes reportaron un valor de 2,70 Nm en gelatinización de harina de patata nativa (*Solenostemon rotundifolius*). Cabe mencionar que, la gelatinización del almidón se refiere a la fase de hinchamiento del almidón, a medida que el almidón se hincha, se forma una red de gel que retiene la humedad en el producto horneado (Guo et al., 2018)

En la actividad amilácea (C4) de la harina de las diferentes variedades de trigo, se observó diferencia significativa ($p < 0,05$), determinando un contenido entre 0,28 Nm - 1,58 Nm. Los resultados obtenidos son inferiores a lo establecido por (Khalid-Hameed, & Muhammad, 2023), quienes mencionaron que, la harina de trigo contiene 2,7 % y la harina de quinoa 2,4 %. El valor de C4 puede variar según el tipo de harina de trigo utilizada y las condiciones de procesamiento (Bustillos, 2022). Por otro lado, Hasna et al., (2020), indican que, la actividad amilácea de la harina de trigo se refiere a la capacidad de las enzimas amilasas presentes en la harina para descomponer el almidón en azúcares más simples durante el proceso de fermentación y cocción.

Respecto a la retrogradación del almidón (C5) las muestras difirieron significativamente ($p > 0,05$); obteniendo la menor retrogradación en las masas obtenidas de las variedades INIAP-SANGAY 94 (0,82 Nm); INIAP-COTACACHI 98 (0,70 Nm) e INIAP-COJITAMBO 92 (0,28 Nm). Estos valores contrastaron con una mayor retrogradación de almidón de las variedades INIAP-QUILINDAÑA 94 (1,58 Nm); INIAP-IMBABURA 2014 (1,41 Nm) e INIAP-ZHALAO 2003 (1,34 Nm). Para minimizar los efectos negativos de la retrogradación del almidón, se pueden utilizar técnicas como el uso de almidones modificados o aditivos que ayuden a estabilizar la estructura del almidón y retrasar su retrogradación (Solarte et al., 2021)

Tabla 5: *Propiedades reológicas de las harinas de variedades nacionales de trigo*

Variedades de trigo	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad (min)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)
INIAP – COJITAMBO 92	66,08 ^e	0,85 ^a	4,37 ^c	0,29 ^a	1,12 ^a	0,29 ^a	0,28 ^a
INIAP-QUILINDAÑA 94	58,93 ^a	0,80 ^a	3,16 ^b	0,26 ^a	1,35 ^b	1,15 ^c	1,58 ^d
INIAP- SANGAY 94	61,98 ^c	1,05 ^b	5,66 ^d	0,34 ^a	1,36 ^b	0,61 ^b	0,82 ^b
INIAP-COTACACHI 98	65,65 ^e	0,66 ^a	1,97 ^a	0,17 ^a	0,94 ^a	0,54 ^b	0,70 ^b
INIAP- ZHALAO 2003	60,17 ^b	0,63 ^a	2,62 ^b	0,33 ^a	1,38 ^b	1,02 ^c	1,34 ^c
INIAP- MIRADOR 2010	64,68 ^d	0,87 ^a	7,34 ^f	0,35 ^a	1,19 ^a	0,66 ^b	0,88 ^b
INIAP- SAN JACINTO 2010	64,48 ^d	0,87 ^a	6,04 ^e	0,39 ^a	1,33 ^b	0,85 ^c	1,11 ^c
INIAP- VIVAR 2010	60,17 ^b	1,89 ^b	7,57 ^f	0,40 ^a	1,48 ^c	0,93 ^c	1,24 ^c
INIAP-IMBABURA 2014	65,55 ^e	0,87 ^a	6,27 ^e	0,34 ^a	1,38 ^b	1,01 ^c	1,41 ^d

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95 %

CONCLUSIONES

Los tratamientos estudiados presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) en las características fisicoquímicas y contenido de gluten, esto demostró que las diferentes variedades de trigo y distintos niveles de nitrógenos utilizado en el cultivo influyen significativamente, presentando valores para gluten seco (11,43 a 12,83 %); gluten húmedo (18,18 – 38,89 %); fuerza de gluten (8,38 a 15,87 %) y un contenido de proteína que varía entre 10,54 a 13,17%. En cuanto a las propiedades reológicas de las harinas obtenidas de las 9 variedades de trigo, se concluye que la variedad INIAP - COJITAMBO 92 obtuvo mayor absorción de agua (66,08), en el desarrollo de la masa el tiempo osciló entre 0,63 a 1,89 % en la harina obtenida de las variedades INIAP- ZHALAO 2003 y INIAP- VIVAR 2010 respectivamente. En la estabilidad las muestras situaron un rango entre 1,97 y 7,34. Mientras que, en la calidad de la proteína (C2) se obtuvieron valores similares, sucediendo lo contrario con la gelatinización del almidón (C3), actividad amilácea (C4) y la retrodegradación del almidón (C5) presentaron variabilidad en sus resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. (2021). *Approved Methods of Analysis*. Disponible en: <https://www.cerealsgrains.org/resources/Methods/Pages/38Gluten.aspx>
- AOAC. (2022). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (17 ed.). Arlington: VA: AOAC.
- AOAC, A. d. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internationa* (17 ed.). Arlington. Retrieved from [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkpozje\)\)/reference/ReferenceSPapers.aspx?ReferenceID=1687699](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkpozje))/reference/ReferenceSPapers.aspx?ReferenceID=1687699)
- Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* Universidad Técnica de Ambato. doi:<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36531/1/CAL%20011.pdf>
- Calvo, N. (2020). *Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína?* Retrieved from [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/$FILE/2.pdf)
- Calvo, N. R., Echeverría, H., Barbieri, P., & Sainz-Rozas, H. (2020). *Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína? XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Disponible en: [http://www.ipno.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipno.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/$FILE/2.pdf)
- Cazares-Torres, M. (2022). *“Evaluación físico-química y farinográfica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida en los pasajes de molienda de la industria “Molinos Miraflores”*. Universidad Técnica de Ambato. doi:<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/834/1/AL460%20Ref.%203353.pdf>
- Coca-Cadena, A., Ayala-Rojas, G., & Fajardo- Rodriguez, L. (2021). *Curso Métodos Analíticos de Tecnología en Cereales Menores*. (Primera ed.). Colombia Tibaitatá, ICA: Instituto Colombiano Agropecuario. Disponible en:

https://doi.org/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17598/60253_61317.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- De la Horra, A., Seghezzo, M., Molfese, P., & León, A. (2015). Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29(2). Disponible en: https://doi.org/http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2012000200003
- Dillchneider, A. (2020). *Efecto de la fertilización nitrogenada y del ambiente sobre el rendimiento y la calidad panadera de dos variedades de trigo en la región semiárida Pampeana*. Disponible en: https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/7213/atp-dilefe020_c.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dubat, A., & Boinot, N. (2012). *Aplicaciones Mixolab Handbook Análisis reológicos y enzimáticos. Métodos de análisis Estudios y aplicaciones*. Chopin Technologies. Disponible en: <https://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/2012-CHOPIN-Mixolab-Applications-Handbook-EN-SPAIN-3.pdf>
- Enríquez-Estrella, M., Cornelio-Lopez, R., & Alberto-Uvidia, H. (2022). Índice de calidad de la harina de trigo de tres variedades (Cotacachi, Zhalao y Cojitambo) y su efecto en la comercialización. *Sinergia*, 13(2), 7-16. Disponible en: https://doi.org/https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v13i2.3378
- GRANOTEC. (Junio de 2018). *Memorias del XXXI Seminario Internacional ICCT2018*. Disponible en: <https://www.granotec.com/articulos-granotec/35-informe-de-calidad-sobre-la-cosecha-de-trigo-argentina-2017-2018>
- Guo, P., Yu, J., Wang, S., & Wang, S. (2018). Mechanisms of starch gelatinization during heating of wheat flour and its effect on in vitro starch digestibility. *Food Hydrocolloids*(82), 370-378. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.04.012>
- Garófalo, J. (2018, Febrero 14). *Evaluación del efecto de la omisión de nutrientes y determinación de la eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de*

- trigo (Triticum aestivum L.) en Imbabura-Ecuador*. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15047/1/T-UCE-0004-ISIP0001-2018.pdf>
- Hasna, T., Muchlisiyah, J., Wardani, S., & Estiasih, T. (2020). Effect of pregelatinization on the physicochemical effects and Functional properties of *Solenostemon rotundifolius*. flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/524/1/012014/pdf>
- INEC, E. I. (2015). *Revista de Estadística y Metodologías*. págs. 1-104.
- INIAP, E. I. (2009). *Alternativas para el consumo de trigo*. Retrieved from Recuperado de: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rtrigo>
- Khalid, A., Hameed, A., & Muhammad, F. T. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Front Nutr.* , 10(53). Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196>
- Lascano, Alexandra. (2022). “*Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales cebada (Hordeum vulgare), Maíz (Zea mays), QUINUA (Chenopodium quinoa), trigo (Triticum vulgare) y tubérculo: papa(Solanum tuberosum) nacionales con trigo (Triticum vulgare) Importado*”. Universidad Técnica de Ambato. Disponible en: <https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/867/1/A L425%20Ref.%203271.pdf>
- Le Bleis, F., Chaunier, L., Chiron, H., Della-Valle, G., & Saulnier, L. (2015). Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 167-174. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.014>
- Lerner, S., Arata, A., & Arrigoni, A. (2015). Relación entre eficiencia de uso del nitrógeno y calidad industrial en variedades argentinas de Trigo Pan (*Triticum Aestivum L.*) con distinta composición de gluten. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(1).

doi:http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142016000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Montenegro-Montenegro, D. (2012). *Respuesta agronómica de trece líneas y dos variedades de trigo rojo (*Triticum vulgare* L.), en la parroquia La Paz, provincia del Carchi [Tesis de pregrado]*. Universidad Técnica del Norte . Disponible en:

<https://doi.org/http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2126/2/TESIS%201.pdf>

Peña, J. &. (2021). Evaluación Rápida de la Fuerza de Gluten en Trigos Harineros, Trigos Cristalinos y Triticales con la Prueba de Sedimentación con Dodecil Sulfato de Sodio. Uruguay.

Perez, A. (2023). *Parámetros de calidad del trigo panadero*. Disponible en: <https://borauhermanos.com/parametros-de-calidad-del-trigo-panadero/>

Oyeyinka, S. A., & Bassey, I.-A. (2023). Composition, Functionality, and Baking Quality of Flour from Four Brands of Wheat Flour. *Journal of Culinary Science & Technology*.

doi:<https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2191874>

Ponce, J. (2020). *Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés*. Disponible en: Dialnet-OptimizacionDeLaConcentracionDeLaAmilasaYLactosuer-6583429.pdf

Sánchez-Aguilera, D. D., Gustavo, S.-T. S., Aguayo-Pino, D. R., Revilla-Escobar, K. Y., Carrillo-Pisco, M. L., & Aldas-Morejón, J. P. (2023).

Caracterización fisicoquímica de fréjol canario (*Vigna unguiculata*) y chocho guaranguito (*Lupinus mutabilis*) y su incidencia en la funcionalidad de harinas. *Bases de la Ciencia*, 8(1), 38-50.

doi:<https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i1.5452>

Sarchi-Laines, E. D., & Guerrero-Zurita, G. P. (2022). *Caracterización de la Agricultura Familiar Campesina en la región Sierra del Ecuador durante el año 2019*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

Solarte-Montúfar, J. G., . Díaz-Murangal, A. E., Osorio-Mora, O., & Mejía-España, D. F. (2021). Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca

- procesada. *Información tecnológica*, 30(6). Disponible en: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>
- Tietze, S., Jekle, M., & Becker, T. (2019). Advances in the development of wheat dough and bread by means of shearing. *Journal of Food Engineering*(247). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.12.001>
- Vásquez-Castillo, G. M., & Matos-Chamorro, R. A. (2021). Evaluacion de algunas acaracteristicas fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. *Revista de Investigación Universitaria*, 1(1). Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.17962/riu.v1i1.7>
- Vallejos, P. (2020). “*Estudio de la producción y comercialización de trigo (Triticum vulgare) en la provincia de Imbabura*”. (UTN) Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8826/1/03%20AGN%20047%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Villaseñor, H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 6(1). doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.796>
- Xiaoyang, Z., Xiaolong, W., Liang, L., Pai, P., Qianying, M., Xinzhong, H., & Rudi, A. (2022). Effects of Composition and Strength of Wheat Gluten on Starch Structure, Digestion Properties and the Underlying Mechanism. *Foods* , 11(21), 3432. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11213432>
- Zhang, A. (2020). Effect of wheat flour with different quality in the process of making flour products. *Int. J. Metrol. Qual. Eng*, 6(6). Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/ijmqe/2020005>

ANEXOS

Anexo 1: Análisis del contenido de humedad de las nueve variedades de harina de trigo (*T. aestivum*)



Anexo 2: Determinación del contenido de proteína por el método Kjeldahl de las nueve variedades de harina de trigo (*T. aestivum*).



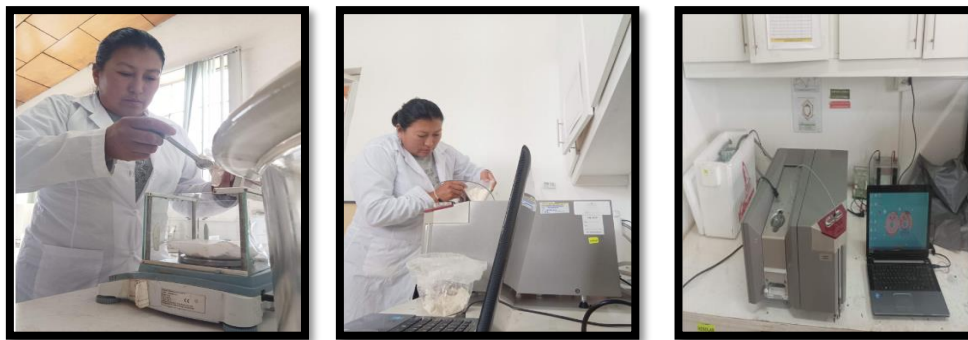
Anexo 3: Determinación del contenido del gluten húmedo y seco de las nueve variedades de harina de trigo (*T. aestivum*)



Anexo 4: Análisis para determinar la Fuerza de gluten de las nueve variedades de harina de trigo (*T. aestivum*)



Anexo 5: Análisis reológico de las nueve variedades de harina de trigo (*T. aestivum*)



Anexo 6: Resultados arrojados por el equipo Mixolab de la variedad de harina INIAP-VIVAR 2010.

MIXOLAB

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

Tests-S16

Fecha: 09/06/2023 **Hora:** 08:56

Muestra:

Hidratación: 59,4 % base 14% (b14)

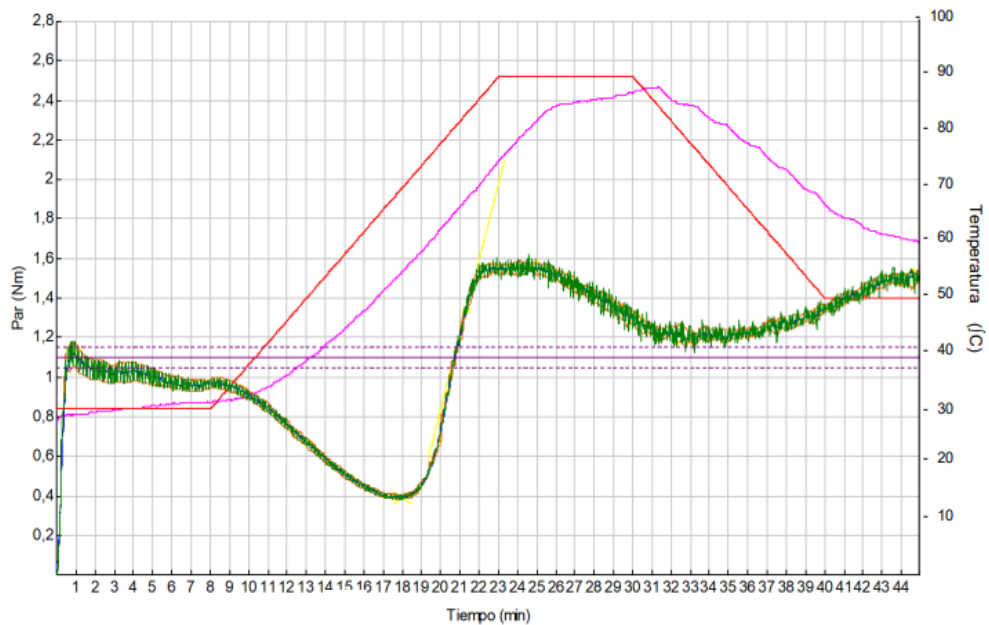
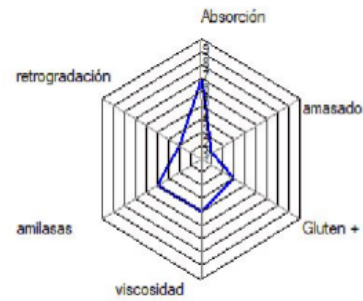
Contenido de 11,8 %

Indice: 6-13-442

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

α :	-0,084	Nm/min
β :	0,378	Nm/min
γ :	-0,040	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	0,87	1,12	29,0	0,13	5,65
C2	18,00	0,39	54,8		
C3	24,63	1,56	80,8		
C4	32,70	1,19	84,9		
C5	45,02	1,52	59,9		



Anexo 7: Resultados arrojados por el equipo Mixolab de la variedad de harina INIAP-IMBABURA 2014.

MIXOLAB

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

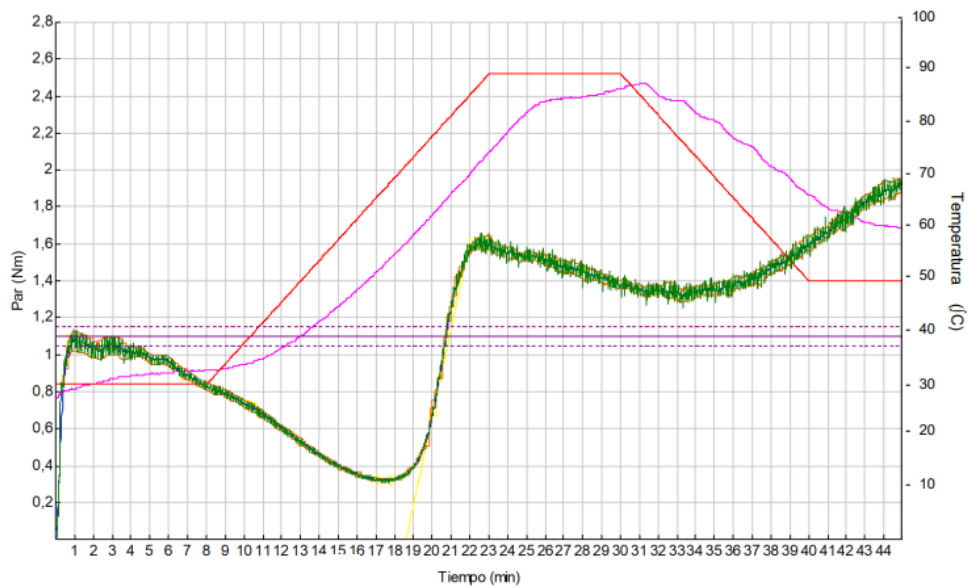
Tests-V 18

Fecha : 09/06/2023 **Hora :** 11:15
Muestra :
Hidratación : 57,7 % base 14% (b14)
Contenido de 11,5 %
Indice: 4-14-454

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

α :	-0,034	Nm/min
β :	0,478	Nm/min
γ :	-0,038	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	1,00	1,08	29,1	0,10	5,77
C2	17,43	0,32	53,1		
C3	22,65	1,61	73,3		
C4	33,33	1,32	84,8		
C5	45,02	1,93	60,2		







Anexo 8. Envío evidencia a la Revista.

5990 / **Chancusig** / Determination of gluten content and rheological properties of different wheat (*Triticum aestivum*) varieties. Library

Workflow **Publication**

Submission **Review** **Copyediting** **Production**

Submission Files Q Search

 31251	Cover letter.docx	October 19, 2023	Cesión de derechos
 31252	Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (<i>Triticum aestivum</i>).docx	October 19, 2023	Article Text
 31253	Lista de requisitos (2).docx	October 19, 2023	Cesión de derechos
 31260	5990-iThenticate.pdf	October 20, 2023	Informe de similitud

[Download All Files](#)

Pre-Review Discussions Add discussion

Name	From	Last Reply	Replies	Closed
Comentarios y solicitud al ID 5990	rcia 2023-10-24 11:05 AM	ale_chancusig 2023-11-12 11:28 AM	1	<input type="checkbox"/>
CORRECCIONES SOLICITADAS	ale_chancusig 2023-11-12 11:56 AM	-	0	<input type="checkbox"/>

Anexo 9. Artículo.

Determinación del contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*).

Determination of gluten content and rheological properties of different wheat (*Triticum aestivum*) varieties.

Silvia Alexandra Chancusig Pila¹, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-4510-1931>, silvia.chancusig0151@utc.edu.ec

Clara Elena Villacrés Poveda², <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-9660-5845>, elenavillacres9@hotmail.com

María Monserrath Morales Padilla¹, <https://orcid.org/0000-0001-9048-1538>, maria.morales1144@utc.edu.ec

¹Universidad Técnica de Cotopaxi

² Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias: Quito, Pichincha, Ecuador

Autor de correspondencia: silvia.chancusig0151@utc.edu.ec

Resumen

El trigo es un cultivo de importancia económica por su relevante composición nutricional como: proteínas, lípidos, fibra, minerales (hierro, magnesio, zinc, potasio, calcio y fósforo), además de contener aminoácidos. El objetivo de la presente investigación fue determinar el contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*). Para lo cual, se utilizó un Diseño Completamente Alzar, donde el Factor C= Variedad de trigo y Factor B = Niveles de nitrógeno, con tres repeticiones, además, se analizaron características fisicoquímicas y contenido de gluten. En cuanto a la humedad no presentaron diferencia significativa, mientras que el contenido de gluten húmedo situó valores entre 17,4 a 38,89 %; gluten seco resultados entre 8,38 a 15,87 %.; fuerza de gluten situó 2,20 – 6,00 y contenido de proteína 10,54 a 13,71. En relación a las características reológicas de las harinas obtenidas de las diferentes variedades de trigo, variedad INIAP - COJITAMBO 92

obtuvo mayor absorción de agua (66,08), en el desarrollo de la masa el tiempo osciló entre 0,63 a 1,89 % en la harina obtenida de las variedades INIAP- ZHALAO 2003 y INIAP- VIVAR 2010 respectivamente. En la estabilidad las muestras situaron un rango entre 1,97 y 7,34. Mientras que, el debilitamiento de las proteínas C2 (Nm) se obtuvieron valores similares, sucediendo lo contrario con la gelatinización del almidón C3 (Nm), actividad amilácea C4 (Nm) y la retrodegradación del almidón C5 (Nm) que presentaron variabilidad en sus resultados.

Palabras clave: harina, gluten, reológicas, trigo

Abstract

Wheat is a crop of economic importance due to its relevant nutritional composition such as: proteins, lipids, fiber, minerals (iron, magnesium, zinc, potassium, calcium and phosphorus), besides containing amino acids. The objective of this research was to determine the gluten content and rheological properties of different varieties of wheat (*Triticum aestivum*). For this purpose, a Fully Loaded Design was used, where Factor C = wheat variety and Factor B = nitrogen levels, with three replications, in addition, physicochemical characteristics and gluten content were analyzed. In terms of moisture, there was no significant difference, while the wet gluten content showed values between 17.4 and 38.89 %; dry gluten results between 8.38 and 15.87 %; gluten strength between 2.20 and 6.00 and protein content between 10.54 and 13.71 %. In relation to the rheological characteristics of the flours obtained from the different varieties of wheat, variety INIAP - COJITAMBO 92 obtained greater absorption of water (66.08), in the development of the dough the time oscillated between 0.63 to 1.89 % in the flour obtained from the varieties INIAP- ZHALAO 2003 and INIAP- VIVAR 2010 respectively. The stability of the samples ranged between 1.97 and 7.34. While, the C2 protein weakening (Nm) obtained similar values, the opposite happened with the C3 starch gelatinization (Nm), C4 starch starch activity (Nm) and C5 starch retrodegradation (Nm), which presented variability in their results.

Key words: flour, gluten, rheological, wheat

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cereal más cultivado a nivel mundial y ocupa un lugar crucial en la agricultura (Oyeyinka & Bassey, 2023). Según la FAO, se espera que la utilización mundial de cereales alcance 2.804 millones de toneladas en 2023/24, que sigue siendo un 0,8 % (21,8 millones de toneladas) más alta que en 2022/23. La previsión de la utilización total de trigo a disminuido de 1,7 millones de toneladas a 783 millones de toneladas, aunque supera en un 0,5 % el nivel de 2022/23 (FAO [Food and Agriculture Organisation], 2022).

El trigo suministra aproximadamente el 55% de los carbohidratos y el 21% de las calorías alimentarias consumidas en todo el mundo, además, es rico en proteínas (gluten), minerales (Cu, Mg, Zn, P y Fe), vitaminas (grupo B y E), riboflavina, niacina, tiamina. y fibra dietética (Khalid et al., 2023). Los productos de harina como el pan, fideos y otros productos se elaboran con harina de trigo y son el principal alimento del ser humano (Zhang, 2020).

El trigo es uno de los cultivos más importantes en la serranía ecuatoriana, constituye parte de la canasta básica para pequeños productores de la región (Sarchi-Laines & Guerrero-Zurita, 2022). Este cultivo se desarrolla en todo el callejón interandino (provincias de Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha). Siendo la provincia de Carchi la de mayor producción con un cultivo de más de 2.976 ha (Ponce-Molina et al, 2022).

Sin embargo, la producción de trigo en Ecuador lleva un déficit en la producción de trigo desde hace más de 30 años, cabe mencionar que, la producción ecuatoriana de trigo es afectada anualmente por diferentes factores limitantes abióticos, como el déficit hídrico, nutricional y las temperaturas extremas en estado crítico del cultivo (Montenegro-Montenegro, 2012).

La producción y la calidad del trigo se pueden mejorar mediante el desarrollo de nuevas variedades que puedan producir un rendimiento superior y funcionar mejor en diversas condiciones y tensiones agroclimáticas (Villaseñor, 2015). Por antes expuesto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el

contenido de gluten y las propiedades reológicas de diferentes variedades de trigo (*Triticum aestivum*).

Materiales y métodos

Materia prima

Las nueve variedades de trigo se obtuvieron de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada a 13 km. al sur de Quito, Ecuador con una Latitud: 0°22'S, Longitud: 78°33'0 y a una altura de 3050 m.s.n.m.

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo bifactorial A*B (Tabla 1), donde Factor A: Variedades de trigo y Factor B= Niveles de nitrógeno, con tres repeticiones. Para determinar diferencia significativa entre las medias de los tratamientos se empleó una prueba de Tukey ($p < 0,05$) mediante el software estadístico InfoStat.

Tabla 1.

Tratamientos en estudio

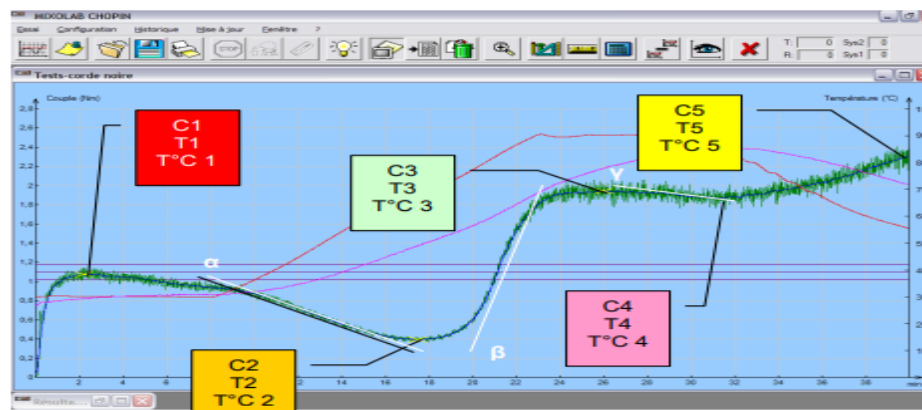
Tratamientos	Descripción
T1	INIAP - COJITAMBO 92 + 0 % de nitrógeno
T2	INIAP - COJITAMBO 92 + 120 % de nitrógeno
T3	INIAP- QUILINDAÑA 94 + 0 % de nitrógeno
T4	INIAP- QUILINDAÑA 94 + 120 % de nitrógeno
T5	INIAP- SANGAY 94 + 0 % de nitrógeno
T6	INIAP- SANGAY 94 + 120 % de nitrógeno
T7	INIAP- COTACACHI 98 + 0 % de nitrógeno
T8	INIAP- COTACACHI 98 + 120 % de nitrógeno
T9	INIAP- ZHALAO 2003 + 0 % de nitrógeno
T10	INIAP- ZHALAO 2003 + 120 % de nitrógeno
T11	INIAP- MIRADOR 2010 + 0 % de nitrógeno
T12	INIAP- MIRADOR 2010 + 120 % de nitrógeno
T13	INIAP- SAN JACINTO 2010 + 0 % de nitrógeno
T14	INIAP- SAN JACINTO 2010 + 120 % de nitrógeno
T15	INIAP- VIVAR 2010 + 0 % de nitrógeno
T16	INIAP- VIVAR 2010 + 120 % de nitrógeno
T17	INIAP- IMBABURA 2014 + 0 % de nitrógeno
T18	INIAP- IMBABURA 2014 + 120 % de nitrógeno

Características reológicas

En la Figura 1 se indica el comportamiento reológico mediante el equipo Mixolab, donde se evaluó la calidad de la proteína (C2); gelatinización del almidón (C3); actividad amilásica (C4) y retrogradación del almidón (C5). La prueba consiste en la preparación de una masa hidratada constantemente durante la primera fase del test, la misma que se va desarrollando a lo largo de la curva mostrando cinco picos representados con los valores de C1, C2, C3, C4 y C5 (Dubat & Boinot, 2012).

Figura 1.

Comportamiento reológico mediante la curva Mixolab.



Fuente: *elaboración propia*

Características fisicoquímicas

Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante estufa a 105 °C por un período de 8 horas (AOAC, 2000).

Proteína

Se utilizó el método de Kjeldahl descrito en AOAC (2022) con modificaciones realizadas en el laboratorio de Nutrición y Calidad de (INIAP). Se pesó en un matraz micro-Kjeldahl 0,15 g de harina de trigo y 1 g de catalizador, el cuello del

matraz debe estar expedito de cualquier sustancia, al matraz se agregó 2,5 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, la digestión se realizó a 75°C por 30 minutos y 90°C por 60 minutos, por los bordes del cuello del matraz se agregó 7 ml de agua destilada, el matraz fue lavado con 5 ml de H₂O, seguidamente, se añadió 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 30 %, se recolectó 40 ml del destilado en un Erlenmeyer que contenía 10 ml de ácido bórico con dos gotas del indicador. El resultado presentó una tonalidad verdosa. Finalmente, el destilado es titulado con ácido clorhídrico 0.1N (HCl), hasta obtener un color violeta.

Gluten húmedo y seco

Se empleó el método tradicional de lavado descrito por Coca-Cadena et al., (2021) con ciertas modificaciones. Para el cual, en un vaso de precipitación de 50 ml, se pesó la cantidad de harina de trigo de acuerdo a la Tabla 2, luego se adicionó 2,5 ml de solución salina de cloruro de sodio al 2 %. Se amasó la mezcla durante 2 min y se lavó la masa a presión mediante un tamiz y tul, finalmente, se coloca el gluten húmedo en una tostadora (marca Oster) con superficie plana, durante 5 min; así se obtuvo la cantidad de gluten seco (AACC, 2021).

El contenido de gluten se expresa en %, de acuerdo con ecuación 1 y 2.

$$GH = \frac{\text{Peso del gluten humedo (g)}}{\text{peso de harina (g)}} \times 100\% \text{ Ecu 1}$$

$$GS = \frac{\text{Peso del gluten seco(g)}}{\text{peso de harina (g)}} \times 100\% \text{ Ecu 2}$$

Tabla 2

Peso de la harina para evaluar en contenido de gluten (en 10g de harina con 14% de humedad.

Humedad (%)	Gramos de harina
9,0 – 9,9	9,5
10,0 – 10,9	9,6
11,1 – 11,8	9,7
11,9 – 12,7	9,8
12,8 – 13,6	9,9
13,7 – 14,4	10,0
14,5 – 15,3	10,1

Fuente: Coca-Cadena et al., (2021)

Fuerza de gluten

Se empleo el método descrito por Morris et al (2005), en el cual consistió en una prueba de sedimentación con dodecil sulfato de sodio (SDS). En una probeta de 25 ml se pesó 1 g de harina de trigo y se adicionó 6 ml de solución de azul de bromofenol. Con agitación (2, 4 y 40 s); se agregó 19 ml de ácido láctico al 85 % y 480 ml de SDS. Se agitó la mezcla en un agitador oscilatorio por 1 min, posteriormente, se colocó la probeta sobre una base con fondo iluminado para sedimentar las muestras por un lapso de 14 min. Finalmente, se tomó la lectura del volumen de sedimento al término de este tiempo.

Resultados y discusión

Caracterización fisicoquímica y contenido de gluten

En la Tabla 3 se detallan las características fisicoquímicas y contenido de gluten de los tratamientos en estudio.

Las harinas obtenidas de las nueve variedades en estudio no incidieron significativamente ($p > 0,05$) en el contenido de humedad, obteniendo valores entre 11,43 % - 12,83 %. Vásquez-Castillo & Matos-Chamorro (2021) presentaron un porcentaje de humedad del 13,62 % en diferentes variedades de harina de trigo. Así como también, Pérez-Carrión, (2022) reportó un valor promedio de humedad de 13,52 %. Por otro lado, la norma técnica ecuatoriana “NTE INEN 616:2006” menciona que, la harina para panificación, galletas y pasta deben tener una humedad máxima de 14,50 %.

Según el contenido de gluten húmedo, la harina de trigo puede clasificarse en débiles (18 - 24,9), intermedios (25 – 29,90) y fuertes (>30 %). En la presente investigación, los tratamientos donde se utilizó 120 % de nitrógeno en el cultivo presentaron valores superiores a 30 % lo cual se denominan como fuertes, mientras que, donde se empleó 0 % de nitrógeno se obtuvo harina con características débiles. Es necesario enfatizar que, el exceso de nitrógeno en la fertilización de trigo transfiere al grano y a la harina más gliadina, una proteína que interviene en la

formación del gluten (Lerner et al., 2015). Por otro lado, Cazares-Torres (2022) determinó un promedio de 28,35 % en harina de trigo donde utilizó pequeñas concentraciones de nitrógeno.

Los resultados de gluten seco de la harina registraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) demostrando que, los tratamientos donde se utilizaron 120 % de nitrógeno en los cultivos de trigo obtuvieron mayor contenido de gluten seco, situando valores entre 8,38 a 15,87 %. De acuerdo con Dillchneider-Loza (2020), quién menciona que, los factores ambientales y la fertilización influyen en la composición y polimerización de las proteínas del gluten.

Respecto a la fuerza del gluten se observó que los tratamientos 1 y 19 con 6,00 y 6,10 respectivamente; son estadísticamente superior al T7 (2,20) que obtuvo la menor fuerza del gluten. Valores similares a los reportados por Xiaoyang et al., (2022), quienes indican una fuerza de 10 %; además, mencionan que, la fuerza de gluten se correlaciona con el porcentaje de proteína; es decir que, a mayor cantidad de proteína, mayor fuerza de gluten presentaron las muestras.

En el contenido de proteína se demostró diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) situando valores entre 10,54 % a 13,71 %, además, se denotó que, el contenido de proteína está influenciado por las distintas concentraciones de nitrógeno, demostrando que, a mayor concentración de nitrógeno mayor porcentaje de proteína; sucediendo lo contrario cuando se empleó 0 % de nitrógeno. Los resultados obtenidos guardan relación con Enríquez-Estrella et al., (2022), quienes obtuvieron rangos entre 9,57 a 11,67 en las variedades Zhalalo y Cotacachi cultivadas en la serranía ecuatoriana. Por su parte, Calvo et al., (2020), señalaron que el nitrógeno (N) es un nutriente que con mayor frecuencia condiciona la obtención de contenidos adecuados de gluten y de proteína en los granos de trigo.

Tabla 3.

Características fisicoquímicas y contenido de gluten de los tratamientos (variedades de trigo + concentraciones de nitrógeno)

Tratamientos	Humedad [%]	Gluten húmedo [%]	Gluten seco [%]	Fuerza del gluten [ml]	Proteína [%]
T1	11,43 ^a	19,55 ^a	9,91 ^b	6,10 ^f	11,72 ^b
T2	12,0 ^a	33,52 ^c	13,02 ^c	4,3 ^c	14,26 ^f
T3	11,5 ^a	18,18 ^a	9,66 ^b	2,70 ^b	11,40 ^c
T4	12,8 ^a	32,73 ^b	14,61 ^d	2,00 ^a	13,63 ^e
T5	11,73 ^a	19,73 ^a	9,96 ^b	5,30 ^d	9,85 ^b
T6	12,45 ^a	34,71 ^d	14,09 ^d	5,10 ^d	13,43 ^e
T7	11,0 ^a	21,12 ^{ab}	8,89 ^a	2,20 ^a	10,07 ^b
T8	12,02 ^a	34,40 ^c	15,87 ^e	3,00 ^b	13,40 ^e
T9	11,30 ^a	18,06 ^a	9,84 ^b	4,80 ^c	8,85 ^a
T10	12,20 ^a	38,89 ^f	14,71 ^d	4,80 ^c	14,06 ^f
T11	11,9 ^a	17,47 ^a	8,38 ^a	5,00 ^{cd}	10,34 ^b
T12	12,48 ^a	36,23 ^e	14,05 ^d	5,30 ^{bc}	13,80 ^e
T13	11,83 ^a	19,18 ^a	10,33 ^c	4,20 ^e	11,04 ^c
T14	12,45 ^a	32,09 ^{ab}	13,72 ^d	5,40 ^d	13,56 ^e
T15	11,80 ^a	21,45 ^a	9,94 ^b	5,20 ^d	10,94 ^{bc}
T16	12,21 ^a	33,94 ^c	14,10 ^d	5,00 ^d	13,30 ^a
T17	11,57 ^a	18,42 ^a	8,63 ^a	5,20 ^d	10,93 ^{bc}
T18	12,02 ^a	31,36 ^c	15,09 ^e	6,00 ^f	13,93 ^a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95%

Caracterización reológica de las harinas obtenidas de nueve variedades de trigo (*T. aestivum*).

En la Tabla 4 se muestran las propiedades reológicas (absorción de agua, tiempo de desarrollo de masa, estabilidad, C2, C3, C4 y C5) de las harinas de nueve variedades nacionales de trigo.

Los valores de absorción de agua de las harinas oscilaron entre 65,55 - 66,08 %. Lascano, (2010), indica que, una buena calidad de harina, apta para panificación debe tener una capacidad de absorción mayor a 65 %; de acuerdo con esto, las variedades INIAP- COJITAMBO 92; INIAP- COTACACHI 98 y INIAP-

IMBABURA 2014 pueden ser utilizadas para la producción de pan. Por otro lado, valores $< 60\%$, indica una harina de inferior calidad que debe verificarse con la información de cantidad y calidad de gluten. En cambio, Sánchez-Aguilera et al., (2023) obtuvieron de absorción en agua un porcentaje de $157,82\%$ para harina de chocho guaranguito y $139,18\%$ en fréjol canario.

En el tiempo de desarrollo de la masa, las muestras presentaron diferencia significativa ($p > 0,01$), obteniendo valores entre $0,63$ min a $1,89$ min. Tietze et al., (2019) mencionan que el tiempo de desarrollo de las harinas se refiere al período de tiempo necesario para que la masa se desarrolle adecuadamente durante el proceso de amasado, es decir muestra el comportamiento de la masa el cual permite diferenciar harinas de amasado lento o rápido (Tietze et al., 2019). Además, De la Horra et al., (2015) enfatiza que, tiempo mayor a 5 se denominan como harinas fuertes e inferior a 5 como harinas débiles. Con base a lo expuesto, las muestras en este estudio obtuvieron valores inferiores a 5 min; por lo cual, se denominan harinas débiles.

En cuanto a estabilidad de la masa de la harina a partir de diferentes variedades de trigo se observó diferencias significativas ($p < 0,05$), determinándose una estabilidad entre $1,97$ min a $7,57$ min. Le Bleis et al., (2015) mencionan que las harinas fuertes, apta para la elaboración de pan, poseen una estabilidad mayor a 7 min mientras que las harinas débiles presentan valores inferiores. De esta forma, se menciona que, la harina obtenida de las variedades INIAP- MIRADOR 2010 y INIAP- VIVAR 2010 son excelentes para panificación; mientras que, la harina de las otras variedades estudiadas, son incapaces de resistir la presión del gas carbónico producido durante la fermentación, es decir no permitirán obtener panes de volúmenes altos y de mejor calidad.

En la calidad de la proteína (C2) de la harina de trigo se determinó que no existió diferencia significativa ($p > 0,05$); es decir las distintas variedades de trigo no indican en la calidad de la proteína, obteniendo valores que oscilaron entre $0,17$ Nm a $0,40$ Nm. Los bajos valores de C2 pueden afectar negativamente la calidad final del producto horneado, debido a que, la masa pierde la capacidad de retener el CO_2

durante la fermentación y no alcanza una textura adecuada (Bustillos, Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda, 2022).

Los resultados de gelatinización del almidón (C3), presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) estableciendo los valores más altos en la variedad INIAP-VIVAR 2010, INIAP- IMBABURA 2014 e INIAP- ZHALAO 2003 con 1,48 Nm y 1,38 Nm respectivamente. En comparación, de las variedades INIAP- MIRADOR 2010 y INIAP- COJITAMBO 92 que obtuvieron el menor grado de gelatinización del almidón (1,19 Nm y 0,94 Nm). Los valores obtenidos en el presente estudio guardan relación con Hasna et al., (2020) quienes reportaron un valor de 2,70 Nm en gelatinización de harina de patata nativa (*Solenostemon rotundifolius*). Cabe mencionar que, la gelatinización del almidón se refiere a la fase de hinchamiento del almidón, a medida que el almidón se hincha, se forma una red de gel que retiene la humedad en el producto horneado (Guo et al., 2018).

En la actividad amilácea (C4) de la harina de las diferentes variedades de trigo, se observó diferencia significativa ($p < 0,05$), determinando un contenido entre 0,28 Nm - 1,58 Nm. Los resultados obtenidos son inferiores a lo establecido por Kaurcorres & Gill (2020) quienes mencionaron que, la harina de trigo contiene 2,7 % y la harina de quinoa 2,4 %. El valor de C4 puede variar según el tipo de harina de trigo utilizada y las condiciones de procesamiento (Bustillos, Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda, 2022). Hasna et al., (2020), indican que, la actividad amilácea de la harina de trigo se refiere a la capacidad de las enzimas amilasas presentes en la harina para descomponer el almidón en azúcares más simples durante el proceso de fermentación y cocción.

Respecto a la retrogradación del almidón (C5) las muestras difirieron significativamente ($p > 0,05$); obteniendo la menor retrogradación en las masas obtenidas de las variedades INIAP- SANGAY 94 (0,82 Nm); INIAP- COTACACHI

98 (0,70 Nm) e INIAP- COJITAMBO 92 (0,28 Nm). Estos valores contrastaron con una mayor retrodegradación de almidón de las variedades INIAP- QUILINDAÑA 94 (1,58 Nm); INIAP- IMBABURA 2014 (1,41 Nm) e INIAP- ZHALAO 2003 (1,34 Nm). Para minimizar los efectos negativos de la retrogradación del almidón, se pueden utilizar técnicas como el uso de almidones modificados o aditivos que ayuden a estabilizar la estructura del almidón y retrasar su retrogradación (Solarte-Montúfar et al., 2021).

Tabla 4.

Propiedades reológicas de las harinas de variedades nacionales de trigo

Variedades de trigo	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad (min)	C2 (Nm)	C3 (Nm)	C4 (Nm)	C5 (Nm)
INIAP - COJITAMBO 92	66,08e	0,85a	4,37c	0,29a	1,12a	0,29a	0,28a
INIAP- QUILINDAÑA 94	58,93a	0,80a	3,16b	0,26a	1,35b	1,15c	1,58d
INIAP- SANGAY 94	61,98c	1,05b	5,66 d	0,34a	1,36b	0,61b	0,82b
INIAP- COTACACHI 98	65,65e	0,66a	1,97a	0,17a	0,94a	0,54b	0,70b
INIAP- ZHALAO 2003	60,17b	0,63a	2,62b	0,33a	1,38b	1,02c	1,34c
INIAP- MIRADOR 2010	64,68d	0,87a	7,34f	0,35a	1,19a	0,66b	0,88b
INIAP- SAN JACINTO 2010	64,48d	0,87a	6,04e	0,39a	1,33b	0,85c	1,11c
INIAP- VIVAR 2010	60,17b	1,89b	7,57f	0,40a	1,48c	0,93c	1,24c
INIAP- IMBABURA 2014	65,55e	0,87a	6,27e	0,34 ^a	1,38b	1,01c	1,41d

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95 %

Conclusiones

Los tratamientos estudiados presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) en las características fisicoquímicas y contenido de gluten, esto demostró que las diferentes variedades de trigo y distintos niveles de nitrógenos utilizado en el cultivo influyen significativamente, presentando valores para gluten seco (11,43 a 12,83 %); gluten húmedo (18,18 – 38,89 %); fuerza de gluten (8,38 a 15,87 %) y un contenido de proteína que varía entre 10,54 a 13,17%. En cuanto a las propiedades reológicas de las harinas obtenidas de las 9 variedades de trigo, se concluye que la variedad INIAP - COJITAMBO 92 obtuvo mayor absorción de agua (66,08), en el desarrollo de la masa el tiempo osciló entre 0,63 a 1,89 % en la harina obtenida de las variedades INIAP- ZHALAO 2003 y INIAP- VIVAR 2010 respectivamente. En la estabilidad las muestras situaron un rango entre 1,97 y 7,34. Mientras que, en la calidad de la proteína (C2) se obtuvieron valores similares, sucediendo lo contrario con la gelatinización del almidón (C3), actividad amilácea (C4) y la retrodegradación del almidón (C5) presentaron variabilidad en sus resultados.

Bibliografía

- AOAC. (2022). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International* (17 ed.). Arlington: VA: AOAC.
- AOAC, A. d. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists Internationa* (17 ed.). Arlington.
- Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* Universidad Técnica de Ambato. <https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36531/1/CAL%20011.pdf>
- Calvo, N. R., Echeverría, H., Barbieri, P., & Sainz-Rozas, H. (2020). Nitrógeno y azufre en trigo: ¿Rendimiento y proteína? *XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. [http://www.ipno.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/\\$FILE/2.pdf](http://www.ipno.net/publication/ia-lacs.nsf/0/4689D0DC7771AC5385257995007A4806/$FILE/2.pdf)
- Cazares-Torres, M. (2022). *“Evaluación físico-química y farinográfica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida en los pasajes de molienda de la industria*

- “Molinos Miraflores”. Universidad Técnica de Ambato. <https://doi.org/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/834/1/AL460%20Ref.%203353.pdf>
- Garófalo, J. (14 de Febrero de 2018). *Evaluación del efecto de la omisión de nutrientes y determinación de la eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de trigo (Triticum aestivum L.) en Imbabura-Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15047/1/T-UCE-0004-ISIP0001-2018.pdf>
- INIAP, E. I. (2009). *Alternativas para el consumo de trigo*. Recuperado de: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rtrigo>
- Lerner, S., Arata, A., & Arrigoni, A. (2015). Relación entre eficiencia de uso del nitrógeno y calidad industrial en variedades argentinas de Trigo Pan (*Triticum Aestivum L.*) con distinta composición de gluten. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(1). https://doi.org/http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142016000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Oyeyinka, S. A., & Bassey, I.-A. (2023). Composition, Functionality, and Baking Quality of Flour from Four Brands of Wheat Flour. *Journal of Culinary Science & Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15428052.2023.2191874>
- Sánchez-Aguilera, D. D., Gustavo, S.-T. S., Aguayo-Pino, D. R., Revilla-Escobar, K. Y., Carrillo-Pisco, M. L., & Aldas-Morejon, J. P. (2023). Caracterización fisicoquímica de fréjol canario (*Vigna unguiculata*) y chocho guarunguito (*Lupinus mutabilis*) y su incidencia en la funcionalidad de harinas. *Bases de la Ciencia*, 8(1), 38-50. <https://doi.org/https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v8i1.5452>
- Sarchi-Laines, E. D., & Guerrero-Zurita, G. P. (2022). *Caracterización de la Agricultura Familiar Campesina en la región Sierra del Ecuador durante el año 2019*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR. <https://doi.org/http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20562/SARCHI%20LEINES%20EDWIN%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vallejos, P. (2020). “*Estudio de la producción y comercialización de trigo (Triticum vulgare) en la provincia de Imbabura*”. (UTN) <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8826/1/03%20AGN%20047%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Villaseñor, H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 6(1). <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.796>