

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) para galletería”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieros en Alimentos

AUTORES: Utreras Cabascango Anael Yadira
Rodríguez Pozo Brandon José

TUTOR: MSc. Burbano Pulles Marco Rubén. PhD.

Tulcán, 2025.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que los estudiantes Utreras Cabascango Anael Yadira y Rodríguez Pozo Brandon José con el número de cédula 0401940648 y 0450053046 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) para galletería"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

MSc. Burbano Pulles Marco Rubén. PhD.

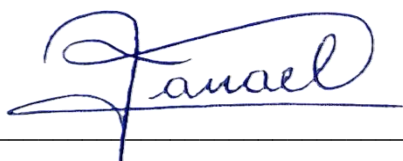
TUTOR

Tulcán, octubre de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

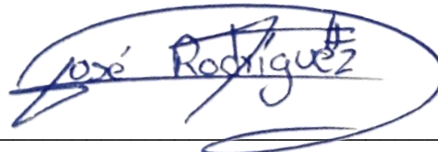
El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieros en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotros, Utreras Cabascango Anael Yadira y Rodríguez Pozo Brandon José con cédula de identidad 0401940648 y 0450053046 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Utreras Cabascango Anael Yadira

AUTORA



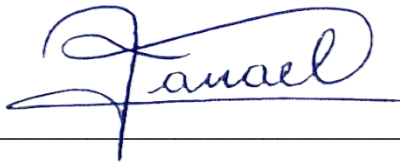
Rodríguez Pozo Brandon José

AUTOR

Tulcán, octubre de 2025

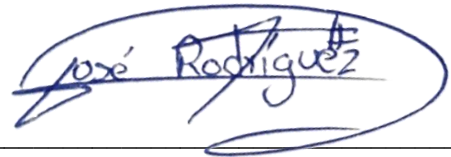
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotros Utreras Cabascango Anael Yadira y Rodríguez Pozo Brandon José declaramos ser autores de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) para galletería" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Utreras Cabascango Anael Yadira

AUTORA



Rodríguez Pozo Brandon José

AUTOR

Tulcán, octubre de 2025

AGRADECIMIENTO

Nos permitimos iniciar expresando nuestro más reconocido agradecimiento al proyecto de investigación denominado "Análisis multimodal y aprendizaje automático aplicados en la evaluación reológica de galletas sin gluten, enriquecidas con chocho (*Lupinus mutabilis*), amaranto (*Amaranthus spp.*) y nanopartículas de carbonato de calcio", cuyo respaldo y aporte científico fueron fundamentales para el desarrollo y realización de este trabajo. Agradecemos especialmente al PhD. Marco Burbano, por brindarnos la oportunidad de formar parte de esta valiosa iniciativa que ha enriquecido de manera significativa nuestra formación académica y nos ha permitido crecer profesionalmente. De igual forma, expresamos profundo reconocimiento y sincera gratitud al MSc. Carlos Paredes, quien desempeñó el rol de tutor en las primeras etapas de este trabajo. Asimismo, queremos agradecer al PhD. Miguel Anchundia por su colaboración y paciencia durante la realización de los análisis de laboratorio. Su apoyo voluntario fue fundamental para alcanzar los objetivos planteados, motivo por el cual le estamos profundamente agradecidos.

Anael Utreras, Brandon Rodríguez.

Quiero dedicar especialmente estas pequeñas palabras a mi madre, quien me esperó con amor y paciencia por más de diez años antes de tenerme. Desde el momento en que llegué a su vida, entregó todo de sí para cuidarme y brindarme lo que necesitara. En cada dificultad, su apoyo incondicional estuvo siempre presente, dándome fuerzas para seguir adelante. Su esfuerzo diario, levantándose muy temprano para trabajar en el campo y sacar adelante a mi hermana y a mí, han sido ejemplo de valentía y sacrificio que me inspira profundamente. ¡Gracias, mamá! Por ser el pilar y la luz que guía mi camino.

A mi hermana y a mi querida familia, especialmente mi abuelita, tía y papá, por estar a mi lado dándome su cariño; su apoyo incondicional me ha dado fuerza para seguir adelante. Con el mismo cariño, quiero agradecer a esa personita que llegó a mi vida como una curita al corazón, dándome su apoyo sincero y compañía constante; su presencia ha significado un verdadero alivio en momentos difíciles y una motivación para seguir adelante; espero que el tiempo que compartamos este camino, esté lleno de buenos momentos y crecimiento mutuo porque su compañía ha hecho que

esta etapa sea mucho más llevadera. Finalmente, agradezco a todas las personas que han estado a mi lado en todo este proceso; cada uno de ustedes ha hecho posible que hoy pueda culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Anael Utreras.

En primer lugar, agradezco a Dios por concederme la fortaleza, la sabiduría y la salud, necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. A mis padres, a mis hermanas, a mi primo Carlos y a toda mi familia por su amor incondicional, paciencia y confianza, que me sostuvieron en cada momento de dificultad y me animaron a seguir adelante. A mi compañera de tesis, Anael Utreras, con quien compartí este proyecto y a quien valoro profundamente por su constancia, motivación, iniciativa y sabiduría que fueron clave para avanzar y no desistir en los momentos más retadores. Extiendo mi sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, a la carrera de Alimentos y a los docentes que contribuyeron con su conocimiento, orientación y apoyo en mi formación profesional. Finalmente, a mis compañeros y amigos, quienes con su amistad y compañía hicieron de este camino un proceso más llevadero y enriquecedor.

Brandon Rodríguez.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre, cuyo amor y sacrificio constante han sido la base de todo lo que soy y aspiro a ser. También a mi hermana, a mi familia y a todas esas personitas que están en mi vida y que quiero; han llenado mi vida de apoyo, cariño y ejemplos que siempre me motivan a seguir adelante. A todos ustedes, con todo mi corazón; este logro es tan suyo como mío.

Anael Utreras.

Dedico este trabajo con mucho amor y profunda gratitud a mis padres, José Rodríguez y Elizabeth Pozo, pilares de mi vida, quienes siempre me han apoyado en cada paso que doy, enseñándome con su ejemplo que los sueños se llegan a alcanzar con esfuerzo, disciplina y perseverancia, por eso este logro alcanzado es tanto mío como suyo. A mis hermanas, Katherine y Monserrat que junto con mis padres han sido mi mayor fuente de inspiración, apoyo, compañía y afecto en cada etapa de este camino. Extiendo también esta dedicatoria a toda mi familia, cuya presencia y unión han sido un refugio en los momentos difíciles y una motivación constante para seguir adelante. Este logro es el reflejo de su confianza en mí y de los valores que siempre me han transmitido.

Brandon Rodríguez.

ÍNDICE

RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.4.3. Preguntas de Investigación	22
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.2. MARCO TEÓRICO	26
2.2.1. Chocho. Definición, historia y taxonomía.....	26
2.2.2. Amaranto. Definición, historia y taxonomía	32
2.2.3. Harinas. Definición, tipo de granos y clasificación	36
III. METODOLOGÍA	47
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	47
3.1.1. Enfoque	47
3.1.2. Tipo de Investigación.....	47
3.2. HIPÓTESIS	48
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	48
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	50
3.4.1 Métodos.....	50

3.4.2. Técnicas.....	55
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	65
3.5.1. Herramienta de análisis	66
3.5.2. Esquema del experimento	66
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. RESULTADOS	67
4.1.1. Resultados fisicoquímicos.....	67
4.1.2. Resultados microbiológicos	76
4.1.3. Resultados funcionales.....	77
4.1.4. Resultados reológicos.....	79
4.2. DISCUSIÓN	84
4.2.1. Resultados fisicoquímicos.....	84
4.2.2. Resultados microbiológicos	88
4.2.3. Resultados funcionales.....	88
4.2.4. Resultados reológicos.....	89
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1. CONCLUSIONES	91
5.2. RECOMENDACIONES.....	93
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
VII. ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del chocho.	28
Tabla 2. Nombres comunes del chocho por región o lugares.....	29
Tabla 3. Contenido nutricional del grano de chocho.....	29
Tabla 4. Clasificación taxonómica del amaranto.....	34
Tabla 5. Composición nutricional del grano de amaranto en base seca.....	35
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de la harina de trigo.....	41
Tabla 7. Operalización de las variables de la extracción de las harinas de chocho y amaranto.....	49
Tabla 8. Factor de conversión para la obtención de proteína.	57
Tabla 9. Tratamientos, descripción y número de repeticiones de las harinas.....	66
Tabla 10. Prueba de Shapiro-Wilk para acidez.....	67
Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para acidez.....	67
Tabla 12. Prueba de Shapiro-Wilk para almidón.....	68
Tabla 13. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de almidón.....	68
Tabla 14. Prueba de ANOVA para almidón.....	68
Tabla 15. Prueba de Post hoc-Tukey para almidón.....	68
Tabla 16. Prueba de Shapiro-Wilk para carbohidratos.....	69
Tabla 17. Prueba Levene para la homogeneidad de varianza de carbohidratos.....	69
Tabla 18. Prueba de ANOVA para carbohidratos.....	69
Tabla 19. Prueba de Post hoc-Tukey para carbohidratos.....	70
Tabla 20. Prueba de Shapiro-Wilk para cenizas.....	70
Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis para cenizas.....	70
Tabla 22. Prueba de Dunn para cenizas.....	71
Tabla 23. Prueba de Shapiro-Wilk para extracto etéreo.....	71
Tabla 24. Prueba de Levene para extracto etéreo.....	71

Tabla 25. Prueba de ANOVA para extracto etéreo.....	72
Tabla 26. Prueba de Post hoc-Tukey para extracto etéreo.	72
Tabla 27. Prueba de Shapiro-Wilk para fibra.	73
Tabla 28. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de fibra.	73
Tabla 29. Prueba de ANOVA para fibra.....	73
Tabla 30. Prueba de Post hoc-Tukey para fibra.....	73
Tabla 31. Prueba de Shapiro-Wilk para humedad.	74
Tabla 32. Prueba de Levene para humedad.	74
Tabla 33. Prueba de ANOVA para humedad.	74
Tabla 34. Prueba de Post hoc-Tukey para humedad.	74
Tabla 35. Prueba de Shapiro-Wilk para proteína.....	75
Tabla 36. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de proteína.	75
Tabla 37. Prueba de ANOVA para proteína.....	75
Tabla 38. Prueba de Post hoc-Tukey para proteína.....	75
Tabla 39. Resultados microbiológicos de las muestras de harina de amaranto con chocho.....	76
Tabla 40. Prueba de Shapiro-Wilk para absorción de agua.	77
Tabla 41. Prueba Levene para absorción de agua.....	77
Tabla 42. Prueba de ANOVA para absorción de agua.	77
Tabla 43. Prueba de Post hoc-Tukey para absorción de agua.	77
Tabla 44. Prueba de Shapiro-Wilk para capacidad de retención de agua.	78
Tabla 45. Prueba de Kruskal-Wallis para capacidad de retención de agua.....	78
Tabla 46. Prueba de Dunn para capacidad de retención de agua.....	79
Tabla 47. Prueba de Shapiro-Wilk para tiempo máximo del pico.	79
Tabla 48. Prueba de Kruskal-Wallis para tiempo máximo del pico.....	80
Tabla 49. Pruebas de Shapiro-Wilk para temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.	80

Tabla 50. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.	80
Tabla 51. Prueba de ANOVA para temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.	81
Tabla 52. Prueba de Post hoc-Tukey para fuerza de retención.....	81
Tabla 53. Prueba de Post hoc-Tukey para pérdida de viscosidad.	81
Tabla 54. Prueba de Post hoc-Tukey para viscosidad final.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de chocho.....	27
Figura 2. Zonas de producción de chocho en Ecuador, Perú y Bolivia.	32
Figura 3. Planta de Amaranto.....	33
Figura 4. Perfil de Mixolab.	43
Figura 5. Diagrama de flujo para el desamargado del chocho.	50
Figura 6. Diagrama de flujo de la obtención de harina de chocho.....	51
Figura 7. Diagrama de flujo de la obtención de harina de amaranto.	53
Figura 8. Diagrama caja y bigote para acidez.	67
Figura 9. Diagrama de caja y bigote para almidón.	69
Figura 10. Diagrama de caja y bigote para carbohidratos.....	70
Figura 11. Diagrama de caja y bigote para cenizas.	71
Figura 12. Diagrama de caja y bigote para extracto etéreo.	72
Figura 13. Diagrama de caja y bigote para fibra.	73
Figura 14. Diagrama de caja y bigote para humedad.....	74
Figura 15. Diagrama de caja y bigote para proteína.	76
Figura 16. Diagrama de caja y bigote para absorción de agua.....	78

Figura 17. Diagrama de caja y bigote para capacidad de retención de agua.	79
Figura 18. Diagrama de caja y bigote para tiempo máximo del pico.	80
Figura 19. Diagrama de caja y bigote para temperatura de empaste.	82
Figura 20. Diagrama de caja y bigote para fuerza de retención.	83
Figura 21. Diagrama de caja y bigote para pérdida de viscosidad.	83
Figura 22. Diagrama de caja y bigote para viscosidad final.	83
Figura 23. Selección de los granos de chocho.	106
Figura 24. Lavado de los granos de chocho.	106
Figura 25. Remojo de los granos de chocho.	106
Figura 26. Cocción de los granos de chocho.	106
Figura 27. Proceso de desamargado.	106
Figura 28. Pelado de los granos de chocho.	106
Figura 29. Secado de los granos de chocho.	107
Figura 30. Proceso de molienda.	107
Figura 31. Tamizado de la harina de chocho.	107
Figura 32. Almacenado de la harina.	107
Figura 33. Recepción del amaranto.	107
Figura 34. Limpieza y lavado del amaranto.	107
Figura 35. Proceso de secado del amaranto.	108
Figura 36. Proceso de tostado.	108
Figura 37. Amaranto tostado.	108
Figura 38. Harina después de la molienda.	108
Figura 39. Tamizado de la harina de amaranto.	108
Figura 40. Almacenado de la harina de amaranto.	108
Figura 41. Peso del crisol con la muestra de harina para determinar humedad.	109
Figura 42. Proceso de digestión del para determinación de proteína.	109
Figura 43. Proceso de destilación para análisis de proteína.	109
Figura 44. Proceso de titulación del para determinación de proteína.	109

Figura 45. Determinación del contenido de grasa por el método de Soxhlet.....	109
Figura 46. Determinación del contenido de cenizas por incineración.	109
Figura 47. Muestras para determinación de almidón.....	110
Figura 48. Medición de la absorbancia en las muestras de harina.....	110
Figura 49. Preparación de muestras para determinar acidez en harina.	110
Figura 50. Titulación de la muestra de harina para acidez.	110
Figura 51. Reporte del análisis funcional en la muestra de harina de amaranto, tratamiento T ₀ repetición 4; usando el Mixolab 2.....	111
Figura 52. Data del análisis funcional en la muestra de harina de amaranto, tratamiento T ₀ repetición 4; usando el Mixolab 2.....	112
Figura 53. Análisis reológico con la celda de pasteado.	113
Figura 54. Reporte del análisis reológico del tratamiento T ₀ , repetición 1.	113
Figura 55. Preparación de las muestras para el análisis microbiológico.....	114
Figura 56. Siembra microbiológica en las placas petrifilm.	114
Figura 57. Incubación de las placas petrifilm para mohos y levaduras.	114
Figura 58. Resultados del crecimiento de E. coli y Coliformes.	114
Figura 59. Resultados del crecimiento de Salmonella.	114
Figura 60. Resultados del crecimiento de Aerobios mesófilos.....	114
Figura 61. Resultados del crecimiento de mohos y levaduras.	115
Figura 62. Conteo de las colonias.....	115
Figura 63. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 1.	115
Figura 64. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 2.	116
Figura 65. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 3.	117
Figura 66. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 4.	118
Figura 67. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 5.	119
Figura 68. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 6.	120
Figura 69. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 7.	121
Figura 70. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 8.	122

Figura 71. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 9.	123
Figura 72. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 10. ...	124
Figura 73. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 1.	125
Figura 74. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 2.	126
Figura 75. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 3.	127
Figura 76. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 4.	128
Figura 77. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 5.	129

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	102
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	104
Anexo 3. Proceso de obtención de la harina de chocho	106
Anexo 4. Proceso de obtención de la harina de amaranto.....	107
Anexo 5. Análisis fisicoquímico de las harinas de amaranto con chocho.....	109
Anexo 6. Análisis funcional de las harinas de amaranto con chocho	111
Anexo 7. Análisis reológico de las harinas de amaranto con chocho.....	113
Anexo 8. Análisis microbiológico de las harinas amaranto con chocho.....	114
Anexo 9. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo.....	115
Anexo 10. Informe de resultados de fibra para las harinas de amaranto y chocho	125

RESUMEN

El limitado uso de productos andinos, sumado a la escasa oferta de alternativas sustitutivas al trigo, representa una oportunidad para desarrollar nuevos alimentos nutritivos y aptos para personas con enfermedad celíaca, que afecta al 1% de la población mundial. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar las harinas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con chocho (*Lupinus mutabilis*) y evaluar su potencial en la elaboración de galletas. Se aplicó una metodología cuantitativa con un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos (un testigo y 4 mezclas de harina de amaranto con chocho en proporciones 90:10, 80:20, 70:30 y 60:40). Se realizaron análisis fisicoquímicos, funcionales, reológicos y microbiológicos. Los resultados revelaron que los mejores tratamientos alcanzaron valores de acidez 0,13-0,14%, almidón 16,08 g/100g, proteína 34,64%, carbohidratos 61,05%, cenizas 2,44%, extracto etéreo 8,56%, fibra 17,28% y humedad 4,88%. Para medir la capacidad de absorción y retención de agua se utilizó el equipo Mixolab 2, obteniéndose valores de 1,25 g/g y 1,17 g/g, respectivamente. Los resultados reológicos se realizaron con un reómetro Anton Paar equipado con una celda para almidón, tiempo máximo del pico 13,20 min, temperatura de empaste 65,77 °C, fuerza de retención 415,33 cP, pérdida de viscosidad 16,55 cP y viscosidad final 662,93 cP. En los resultados microbiológicos, se evidenció la ausencia de *Coliformes*, *E. coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras, mientras que el conteo de *Aerobios mesófilos* fue de $1,1 \times 10^3$ UFC/g, valor inferior al límite máximo permitido de 1×10^5 UFC/g según la norma NTE INEN 616. Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento T₁ (harina con 90% amaranto y 10% chocho) presentó mejores características funcionales y reológicas para la elaboración de productos galleteros, lo cual permite posicionar a la mezcla de harinas andinas como una alternativa viable al trigo, fomentando el uso de cultivos locales y ofreciendo productos aptos para personas con necesidades dietéticas especiales.

Palabras Claves: Amaranto (*Amaranthus spp.*), Chocho (*Lupinus mutabilis*), Harinas, Propiedades reológicas, Propiedades funcionales.

ABSTRACT

The limited use of Andean products, coupled with the scarcity of alternatives to wheat, represents an opportunity to develop new nutritious foods suitable for people with celiac disease, which affects 1% of the world's population. The objective of this study was to characterize amaranth (*Amaranthus spp.*) and lupin (*Lupinus mutabilis*) flours and evaluate their potential for use in cookie production. A quantitative methodology was applied with a completely randomized experimental design with five treatments (a control and four mixtures of amaranth flour with lupin in proportions of 90:10, 80:20, 70:30, and 60:40). Physicochemical, functional, rheological, and microbiological analyses were performed. The results revealed that the best treatments achieved values of acidity 0,13-0,14%, starch 16,08 g/100 g, protein 34,64%, carbohydrates 61,05%, ash 2,44%, ether extract 8,56%, fiber 7,73%, and moisture 4,88%. The Mixolab 2 device was used to measure water absorption and retention capacity, obtaining values of 1,25 g/g and 1,17 g/g, respectively. The rheological results were obtained using an Anton Paar rheometer equipped with a starch cell, maximum peak time 13,20 min, paste temperature 65,77 °C, retention force 415,33 cP, viscosity loss 16,55 cP, and final viscosity 662,93 cP. The microbiological results showed the absence of *Coliforms*, *E. coli*, *Salmonella*, *molds*, and *yeasts*, while the mesophilic aerobic count was $1,1 \times 10^3$ CFU/g, which is below the maximum permitted limit of 1×10^5 CFU/g according to the NTE INEN 616 standard. The results obtained showed that treatment T1 (flour with 90% amaranth and 10% lupin) had better functional and rheological characteristics for the production of biscuit products, which allows the Andean flour mixture to be positioned as a viable alternative to wheat, promoting the use of local crops and offering products suitable for people with special dietary needs.

Keywords: Amaranth (*Amaranthus spp.*), Lupin (*Lupinus mutabilis*), Flours, Rheological properties, Functional properties.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de alimentos funcionales y nutritivos ha impulsado la demanda de ingredientes alternativos en la industria alimentaria; especialmente aquellos derivados de cultivos andinos como el amaranto y el chocho. Estos cultivos se destacan por su alto contenido proteico, fibra dietética, minerales y compuestos bioactivos, que pueden mejorar la calidad nutricional de los productos alimenticios. El amaranto es reconocido por su perfil balanceado de aminoácidos esenciales y propiedades antioxidantes, junto con el chocho, una leguminosa rica en proteínas vegetales y fibra; representan una fuente sostenible y funcional para la diversificación de materias primas en la industria (Martínez y Zambrano, 2011; Quishpe y Villalta, 2023).

A pesar de este potencial, el aprovechamiento del amaranto y chocho en productos procesados es aún limitado, existiendo una escasez de estudios que caracterizan integralmente las harinas obtenidas de estos cultivos, enfocadas en aplicaciones como la industria galletera. De acuerdo con datos de la Corporación Financiera Nacional (2023), la importación de productos de panadería (incluyendo las galletas); alcanzó un valor de 62,60 millones de dólares, evidenciando un crecimiento del 27% respecto al año 2021. De igual manera, en el 2022 las exportaciones del sector se situaron en 28,67 millones de dólares, reflejando un crecimiento del 55% respecto al año anterior. Este aumento refleja la buena aceptación y expansión del mercado, impulsado principalmente por la demanda creciente de ingredientes funcionales; impulsa a la diversificación de materias primas y fortalece la competitividad de la industria alimentaria en mercados tanto nacionales como internacionales.

Por otro lado, la creciente prevalencia de la intolerancia y las alergias al gluten ha impulsado la demanda de alternativas sin gluten en la industria de la galletería. Investigaciones demuestran que las harinas de pseudocereales y leguminosas como el amaranto y el chocho son sustitutos prometedores de la harina de trigo en productos sin gluten (Hamzehpour y Dastgerdi, 2023).

En este sentido, se hace evidente la necesidad de caracterizar y aprovechar integralmente la harina compuesta de amaranto con chocho para su aplicación en la industria galletera, especialmente considerando la creciente demanda de productos libres de gluten y con un perfil nutricional mejorado.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador, existe un limitado aprovechamiento y consumo de cultivos andinos como pseudocereales; a pesar de su alto potencial nutricional y funcional, el consumo de estos cultivos oscila entre 22-24 kilos por persona al año, muy por debajo de países como Perú (90 kg), Colombia (55 kg) y Bolivia (60 kg). Como consecuencia, muchos de estos cultivos han sido relegados a un segundo plano, lo que ha impactado negativamente en el desarrollo socioeconómico de las comunidades indígenas porque su sustento depende directamente de estos recursos (Silva, 2019).

Dentro del marco de la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona a la malnutrición como una problemática relevante de salud pública que repercute a millones de personas alrededor del mundo. Este problema se presenta en formas como la desnutrición, incluyendo la emaciación, el retraso en el desarrollo físico, el bajo peso corporal y la carencia de micronutrientes, así como el sobrepeso y la obesidad. Según datos de 2022, se reportó que cerca de 390 millones de adultos tenían peso insuficiente, mientras que 2500 millones presentaban sobrepeso. Por otro lado, cerca de 149 millones de niños menores de cinco años mostraban signos de crecimiento retrasado. La desnutrición especialmente en niños aumenta la vulnerabilidad a enfermedades y mortalidad, siendo causada por factores como condiciones socioeconómicas precarias y falta de acceso a alimentos nutritivos (OMS, 2024).

Además, la gama de alternativas de materias primas sustitutivas al trigo como los pseudocereales (chocho y amaranto) no se encuentran diversificadas dentro de la industria de harinas. Históricamente la obtención de este producto se centra en el uso de granos tradicionales que contienen gluten, restringiendo de esta manera las alternativas disponibles para quienes tienen enfermedad celíaca o intolerancia al gluten. Conforme pasan los años la tasa de incidencia de la enfermedad celíaca aumenta; se prevé que aproximadamente el 1% a nivel mundial padece esta condición, afectando entre uno de cada 100 y uno de cada 300 individuos.

Sin embargo, la epidemiología de la enfermedad celíaca se asemeja a un témpano de hielo, donde hay muchos más casos no diagnosticados (por debajo de la línea de flotación) que aquellos que han sido diagnosticados (por encima de dicha línea) (Organización Mundial de Gastroenterología, 2016).

A pesar del creciente interés en los pseudocereales y sus potenciales beneficios nutricionales; actualmente son limitadas investigaciones que se centren específicamente en caracterizar las harinas obtenidas de diversos cultivos andinos, como el chocho y el amaranto que pueden ser utilizados en la industria galletera. A pesar de que existen estudios previos enfocados en la caracterización fisicoquímica y funcional de este tipo de harinas en otros contextos alimentarios, no se ha llevado a cabo una evaluación integral que analiza su idoneidad para la producción de galletas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La mezcla de las harinas de amaranto y chocho ofrece características adecuadas para su potencial uso en la producción de galletas?

1.3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, el mercado galletero ha mantenido un crecimiento estable estimando que en 2025 alcance una cifra de 16,38 mil millones de dólares y estas cifras superarán los 20,65 mil millones de dólares para el año 2030, con un crecimiento que tiene una tasa del 4,74% GAGR. En gran parte este comportamiento se debe al aumento continua en la demanda de productos saludables, prácticos y funcionales; aquellos libres de gluten, enriquecidos con proteínas o ingredientes con alto valor nutricional (Mordor Intelligence, 2025). Dentro del contexto regional América del sur presenta una dinámica más acelerada proyectando hasta 2030 un crecimiento de 6,89% CAGR, impulsado por el aumento del poder adquisitivo, la urbanización y una mayor conciencia nutricional entre los consumidores (Mordor Intelligence, 2025).

A nivel nacional, en Ecuador el consumo de galletas y golosinas se ha visto disminuidos en un 4,6% en volumen y un 3,4% en facturación en los primeros seis meses de 2024. Esta tendencia decreciente se atribuye principalmente al incremento del IVA de 12% a 15% (Primicias, 2024). A pesar de esta contradicción, el mercado de confitería en Ecuador donde las galletas ocupan un lugar muy importante se valoró en aproximadamente 1100 millones de dólares en 2023 con una proyección de crecimiento anual estimada en un 3% (Sweets y Snacks, 2023). Estos datos

demuestran, aunque el sector enfrenta presiones macroeconómicas, sigue siendo un segmento significativo dentro de la canasta familiar y presenta un fuerte potencial para la introducción de productos nutricionalmente mejorados, como galletas elaboradas con harinas de pseudocereales andinos.

Debido a la fuerte demanda de este producto entre los consumidores, el presente estudio propone desarrollar una materia prima complementaria: una harina especializada que cumpla con las características necesarias para su óptima aplicación en esta industria. Esta iniciativa no solo busca satisfacer las necesidades del sector, sino también promover la innovación y así mismo elevar la calidad de los productos disponibles garantizando así un impacto positivo en la competitividad del mercado local.

El chocho tiene un alto aporte nutricional atribuido por la combinación de proteínas de origen vegetal junto con aceites esenciales presentes, lo que lo hace similar a la soja en términos nutricionales. El grano contiene un 42% de proteína en su estado seco debido a la presencia de alcaloides de quinolizidina. Sin embargo, cuando se aplica el desamargado el contenido de proteína se concentra (Chiriguaya, 2020). El amaranto es un alimento vegetal con un perfil nutricional muy completo, siendo una de las principales fuentes de proteínas naturales, minerales y vitaminas como A, C, B, B1, B2, B3, ácido fólico, niacina, hierro, calcio y fósforo. Además, contiene un elevado contenido de aminoácidos, principalmente lisina (Subía, 2012).

El uso de la harina de amaranto con chocho en la producción de galletas ofrece múltiples beneficios a favor de los consumidores ecuatorianos. Estas harinas ricas en nutrientes proporcionan una opción más saludable y nutritiva en comparación con las galletas tradicionales, satisfaciendo así a la creciente demanda del mercado por productos que promuevan la saludables y sean funcionales. Además, al ser naturalmente libres de gluten, estas galletas son una alternativa confiable y apta para las personas intolerantes al gluten; abordando así una necesidad específica de un segmento de la población. Esta iniciativa no solo promueve la integración y el bienestar de todas las personas con enfermedad celíaca, sino que también a la dieta diaria de todas las personas; además, contribuye a diversificar el mercado de galletas en Ecuador y fomentar el desarrollo de una agricultura local y sostenible.

Por estos motivos, esta investigación tiene como finalidad desarrollar una harina cuyas características funcionales, reológicas, fisicoquímicas y microbiológicas se ajusten a los requerimientos específicos de la industria galletera.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Caracterizar fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológicamente las mezclas de harinas de amaranto con chocho, con el fin de evaluar su potencial como ingredientes en la producción de galletas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir los parámetros óptimos para el proceso de obtención de las harinas de chocho y amaranto para la elaboración de galletas, con base en literatura científica.
- Evaluar las propiedades funcionales y reológicas de las mezclas de harinas de chocho y amaranto.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de las mezclas de harinas de chocho y amaranto.
- Analizar las características microbiológicas de las mezclas de harinas de chocho y amaranto de acuerdo con la norma NTE INEN 616.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las propiedades funcionales de las harinas que son usadas en la industria galletera?
- ¿Cuáles son las propiedades reológicas de las harinas que son usadas en la industria galletera?
- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de las harinas que son usadas en la industria galletera?
- ¿Qué parámetros microbiológicos deben cumplir las harinas para el consumo humano?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Coral y Gallegos (2015), desarrollaron la investigación denominada "Proximal determination of the nutritional components of cornmeal, whole wheat flour, oak, casava, yellow carrot, white carrot and andean lupin" en la cual tiene como objetivo esencial examinar la composición química de siete especies alimenticias distintas. Para cada alimento se evaluó detalladamente el contenido de nutrientes, incluyendo proteínas, grasas y minerales. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron comparados con la tabla de Composición Nutricional de los Alimentos Ecuatoriana de 1965. En cuanto a los métodos empleados para el análisis de humedad se aplicó el procedimiento AOAC 925.10; en el caso de la determinación de cenizas, se utilizó el método AOAC 923.03; para la cuantificación de grasas, se siguió el método AOAC 920.39; la proteína fue analizada mediante el método AOAC 920.87; y finalmente, la fibra se evaluó conforme al método AOAC 878.10. En el análisis estadístico, se implementó un análisis de varianza para de identificar si existían diferencias significativas entre los distintos alimentos estudiados. Los resultados indicaron que la harina de trigo integral y la avena presentaron los índices más elevados de cenizas, hallazgo que fue consistente con los resultados del análisis de fibra; en el caso de proteína los alimentos presentaron un valor de 9 a 13% y con la grasa un rango de 3 a 8% lo cual no simboliza un porcentaje alto por lo cual se concluye que estos alimentos no logran ser representadas como una fuente de proteína y grasas. En el caso del chocho se evidencio que tiene un alto contenido de humedad, además de aportar carbohidratos y fibras siendo de este un alimento ideal con un alto valor nutricional para ser añadido a la dieta.

Tanimola et al. (2016), llevaron a cabo un estudio titulado como "Chemical, functional, rheological and sensory properties of amaranth flour and amaranth flour based paste". La meta central de la presente investigación consistió en examinar las propiedades de la harina de amaranto para pastas como alternativa para Nigeria.

La harina se preparó a partir de los granos de amaranto y se analizaron sus propiedades químicas, funcionales y reológicas mediante métodos estándar. En los resultados se mostraron que la harina de amaranto tiene un contenido proteico del 14.60%, un contenido de grasa cruda del 8.28%, y un valor calórico de 417.28 kcal. Además, se identificaron minerales esenciales como zinc, manganeso, magnesio, hierro y calcio, lo que resalta su alto valor nutricional. En cuanto a las propiedades funcionales, se ha determinado que la harina de amaranto presenta una capacidad de absorción de agua equivalente a 1,60 g/g; además, su índice de hinchamiento alcanza un valor de 7.76; sugiere su idoneidad para la elaboración de pastas. Las características de pastado revelaron una viscosidad máxima de 120.5 RVU, lo que indica una buena capacidad de gelificación. La conclusión del estudio indica que las propiedades funcionales, químicas y de pastado son comparables a las de otras harinas útiles para la elaboración de pastas en Nigeria con un mejor contenido proteico y algunas otras propiedades funcionales.

Kassa y Emire (2021), en su artículo titulado "Evaluation of various properties of amaranthus (Genus Amaranthus L.) based composite flour blends for preparation of gluten-free biscuits", llevaron a cabo una investigación para examinar las propiedades pastosas, reológicas y funcionales de una harina compuesta elaborada a partir de granos de amaranto, sorgo y mijo africano, donde el principal objetivo fue evaluar su potencial en la producción de galletas sin gluten. La formulación de la harina compuesta se desarrolló utilizando un diseño de mezcla óptima, y se evalúan sus propiedades reológicas y pastosas, así como la composición química, dimensiones físicas, concentración mineral y atributos sensoriales de las galletas resultantes.

Los resultados arrojaron diferencias significativas en el perfil de empaste comparando la harina control y las compuestas. Se controlará que la capacidad de absorción de agua aumentaba con el incremento de la proporción de harina de amaranto, mientras que la capacidad de absorción de aceite disminuía. En términos nutricionales, las galletas presentaron niveles elevados de proteína (13,75%), fibra (2,04%), cenizas (1,77%) y grasa (31,75%). Además, se mostraron diferencias significativas sobre el contenido mineral (Fe, Ca, Zn y P) entre las muestras elaboradas.

Los hallazgos indican que es posible formular galletas sin gluten que sean nutricionalmente densas sin comprometer sus atributos sensoriales. Esta investigación resalta el potencial de las harinas compuestas en la preparación de productos

alimenticios sin gluten, especialmente en África, donde estos cultivos no se han utilizado eficazmente en la industria alimentaria. En conclusión, la utilización de harinas compuestas a partir de amaranto, sorgo y mijo africano puede contribuir a la producción de galletas nutritivas y atractivas para los consumidores, sugiriendo su consideración en el desarrollo de productos alimenticios sin gluten para mejorar la nutrición en regiones donde estos cultivos son abundantes.

Man et al. (2017), en su investigación titulada como "Assessment of amaranth flour utilization in Cookies production and quality" se enfoca en analizar cómo influye la adición de harina de amaranto en variadas cantidades (30%, 50%, 70% y 100%) sobre las características de calidad de las galletas. El amaranto, un pseudocereal fácil de cultivar y rico en nutrientes se considera una opción viable para abordar eficazmente la problemática del hambre y la desnutrición; especialmente en condiciones de baja pluviosidad.

En este estudio, se analizaron las galletas en términos de atributos físicos (como grosor, diámetro, relación de expansión y peso), químicos y organolépticos. Los resultados revelaron que el grosor, el contenido de cenizas, fibra y proteínas de las galletas aumentan con el incremento del contenido de harina de amaranto. Sin embargo, la evaluación sensorial mostró que a partir del 50% de sustitución con harina de amaranto, los puntajes para la aceptabilidad general y las cualidades sensoriales disminuyeron progresivamente. Las galletas que se producen utilizando una mezcla compuesta por mitades iguales de harina de trigo y harina de amaranto fueron las más apreciadas por los panelistas.

El análisis sensorial indicó diferencias significativas en atributos como textura, color y sabor entre las galletas elaboradas con distintas proporciones de harina. La reducción del gluten en la masa al sustituir con harina de amaranto afectó negativamente la textura final del producto. A pesar del sabor amargo asociado con la harina de amaranto, se controla que las galletas con hasta un 50% de esta harina sean preferidas por los consumidores.

Cardoso et al. (2019), en su investigación titulada "Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours" se enfoca principalmente en examinar siete variedades de harinas de trigo y centeno; para ello, se analizan tanto sus características físicas como químicas. Además, se evalúa la presencia de micotoxinas y microorganismos. Los resultados revelaron que estas harinas presentaban

contenidos de humedad y cenizas por debajo del límite máximo recomendado, además de un bajo contenido lipídico, lo que ayuda a evitar cambios en el olor y sabor de las harinas. En el análisis microbiológico, no se evidenciaron diferencias significativas en la concentración de microorganismos en relación con las harinas refinadas de centeno y trigo; Sin embargo, las harinas integrales mostraron altos contenidos de casi todos los microorganismos analizados, destacando el recuento de mohos en la harina integral de trigo y el recuento de placas aerobias en la harina integral de centeno. Ninguna de las muestras presentó *Salmonella* spp., y no se detectaron aflatoxinas ni ocratoxina A en ninguna de las harinas.

Los análisis fisicoquímicos mostraron que el pH oscilaba entre 6.04 y 6.44, siendo el más alto en la harina integral de centeno T 130. La humedad variaba entre 9.3% y 14.7%, lo que es favorable para una mayor vida útil del producto. El contenido proteico fluctuó entre 6.93% y 14.6%, con la harina integral de trigo T 150 presentando los niveles más altos. Además, los resultados de cenizas fueron mayores en las harinas integrales debido a su mayor contenido mineral.

En lo que respecta al análisis microbiológico, se encontró que las harinas integrales mostraron un nivel superior de microorganismos en comparación con las harinas refinadas. No obstante, cabe destacar que no se identificaron patógenos peligrosos como *E. coli* o *Salmonella*. Además, este trabajo tiene gran relevancia, puesto que constituye la primera caracterización detallada de harinas de trigo y centeno dirigida a los consumidores en Portugal.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Chocho. Definición, historia y taxonomía

El chocho (*Lupinus mutabilis*) como se observa en la figura 1 es una planta que proviene originalmente de la región andina, específicamente de países como Perú, Bolivia y Ecuador; ha sido cultivada desde antes de la época incaica utilizados principalmente como fuentes de alimento e ingresos económicos (Rodríguez et al., 2023).

Tapia y Fries (2007), manifiesta que el chocho tiene sus raíces en dos antiguas civilizaciones: la egipcia y la andina, desde hace aproximadamente cuatro mil años. En efecto, estas culturas domesticaron distintas especies de lupino; por un lado, en Egipto se cultivaba *Lupinus luteus*, mientras que en la región andina se desarrolló el tarwi. Cabe destacar que ambas sociedades empleaban estas legumbres como

alimentos fundamentales en su dieta, sometiéndolas previamente a procesos de remojo y lavado con el fin de eliminar los alcaloides tóxicos antes de su consumo.



Figura 1. Planta de chocho.
Fuente: Rodríguez et al. (2023).

El chocho ha sido parte de la ecorregión andina durante millas de años. Donde, fragmentos de las semillas han sido encontrados en tumbas de la cultura Nazca, las cuales datan entre 100 y 500 a.C. en la costa desértica de Perú. Además, en diversos vasos ceremoniales pertenecientes a la cultura Tiahuanaco se pueden observar pinturas que ilustran al chocho; existentes entre 500 y 1000 d.C., lo que indica su amplia distribución y relevancia en la alimentación de estas civilizaciones. Entre las especies relacionadas en estado silvestre, se encuentran *L. praestabilis* y *L. paniculatus*, las cuales son denominadas como "ckera" en la lengua quechua y "ckela" en el idioma aymara, respectivamente.

De acuerdo con Tapia (2015), actualmente se reconocen dos grandes grupos de especies de lupinus. Por un lado, están los lupinos del viejo mundo, como *Lupinus luteus* y *Lupinus albus*, que se cultivan principalmente en la región mediterránea de países como España, Italia y Grecia, donde suelen consumirse en forma de semillas tostadas. Por otro lado, se encuentran los lupinos originarios de América; en este contexto, el lupino andino ha sido seleccionado con fines alimenticios y su consumo se extiende desde Colombia hasta Bolivia.

En cuanto al germoplasma de *Lupinus mutabilis*, este ha sido recopilado durante las últimas cuatro décadas en los valles interandinos, especialmente en localidades como Pasto en Colombia, así como Riobamba, Loja, Tulcán y Cuenca en Ecuador. Además, en Perú se destacan Chota, Huancayo, Cajamarca, Cusco, Huaraz y Yunguyo en Puno, que son reconocidas como los principales núcleos de cultivo y concentración de diversidad, ubicados entre los 2,500 y 3,200 metros sobre el nivel del mar. Cabe mencionar que Yunguyo, situado al sur del Lago Titicaca, se encuentra

a más de 3,800 metros y es conocido por sus variedades "tauris" de ciclo más precoces.

El cultivo del lupino andino se desarrolla principalmente en las regiones de altitud media ubicadas entre los 2200 y 3500 metros sobre el nivel del mar, específicamente en los valles ubicados en la región interandina, tales como la Sierra de la Libertad, el Callejón de Huaylas en Áncash y el Valle del Mantaro en Junín, así como en el valle de Vilcanota en Cusco; además, de regiones como Ayacucho y Abancay en Perú. Asimismo, en Bolivia, las principales áreas de cultivo se encuentran en Cochabamba, Potosí y Sucre, que representan los mayores centros de diversidad de esta especie. Por otra parte, en lo que respecta a las tierras situadas alrededor del Lago Titicaca, a alturas superiores a los 3800 metros sobre el nivel del mar, el cultivo se concentra en las provincias peruanas de Yunguyo y Pomata, donde predominan suelos franco-arenosos.

Tapia (2015), presenta la clasificación taxonómica del chocho en la tabla 1, situando esta especie dentro del orden Fabales y la familia Fabaceae.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del chocho.

Taxonomía	
Orden	Fabales
Suborden	Leguminosae
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Genisteae
Género	Lupinus
Especie	Lupinus mutabilis Sweet (*)

Fuente: Tapia (2015).

2.2.1.1. Nombres comunes

El chocho conocido en español como lupino amargo, tiene diversas denominaciones en diferentes regiones de América del Sur como se muestra en la tabla 2. En el norte de Perú, Ecuador y Colombia se conoce como chocho; en el sur y parte central de Perú es denominado como tarwi o tarhui (en quechua); En la región que rodea el lago Titicaca, ubicado entre Perú y Bolivia, esta planta es conocida como tauri en el idioma aymara; en Cochabamba y Bolivia, se le conoce como chuchus muti (en quechua). Además, en inglés es conocido como "Andean lupin" o "pearl lupin"; dichos términos han sido utilizados en diversos eventos internacionales a lo largo del tiempo (Tapia y Fries, 2007).

Tabla 2. Nombres comunes del chocho por región o lugares.

Región	Nombre	Idioma
Norte de Perú, Ecuador y Colombia	Chocho	Español
Parte central y sur del Perú	Tarwi o Tarhui	Quechua
Alrededor del lago Titicaca (Perú y Bolivia)	Tauri	Aymara
Cochabamba y Bolivia	Chuchus muti	Quechua
General	Andean lupin o pearl lupin	Inglés

Fuente: Tapia (2015).

2.2.1.2. Valor nutricional, usos y proceso para consumo

En la tabla 3, se muestra el valor nutricional del *Lupinus mutabilis*; se destaca frente a otras leguminosas, con valores de contenido proteico que pueden ir entre 41% y 53% en base seca, junto con niveles de grasa cercanos al 17% y fibra por encima del 10%. Estas características lo convierten en un ingrediente altamente funcional y una fuente alternativa de proteínas vegetales de alta calidad, especialmente rico en lisina. Por otra parte, al ser un grano libre de gluten serviría como opción nutricional a personas con enfermedad celiaca. Sin embargo, procesos como el desamargado pueden reducir su capacidad antioxidante hasta en un 52,9%, lo que subraya la necesidad de optimizar dichos tratamientos para conservar sus propiedades funcionales (Meneses y Burbano, 2025).

Tabla 3. Contenido nutricional del grano de chocho.

Componente	Chocho amargo (%)	Chocho desamargado
Proteína	47,80	54,05
Grasa	18,90	21,22
Fibra	11,07	10,37
Cenizas	4,52	2,54
Extracto libre de nitrógeno	17,62	11,82
Potasio	1,22	0,02
Magnesio	0,24	0,07
Calcio	0,12	0,48
Fósforo	0,60	0,43
Hierro	78,45	74,25
Zinc	42,84	63,21
Manganeso	36,72	18,47
Cobre	12,65	7,99
Alcaloides	3,26	0,03

Fuente: Llenera (2022).

El chocho es un alimento andino que posee un alto contenido nutricional, el cual ha sido utilizado desde los tiempos preincaicos. El consumo de este alimento se lo realiza después de ser eliminado su característico sabor amargo, lográndose gracias el uso

de diversos métodos de desamargado. Sin embargo, Jacobsen y Mujica (2006) menciona que los usos de este pseudocereal son los siguientes:

- **Uso tradicional**

El consumo del tarwi (chocho) es diferente dependiendo de la cultura andina, cada una de ellas tiene su propia forma de desamargar el grano y consumirlo. Dentro de estos dé puede mencionar:

- Zarza de tarwi: Este alimento es considerado como un plato ritual, empleado durante las celebraciones en honor a los santos, con el propósito de honrar y ofrecer respeto a las almas de los fallecidos. Se caracteriza por ser una especie de ensalada que contiene aceite vegetal, sal, rocoto, cebolla, tomate, lechuga, mezclada con conservas de sardina y papa; servidos en platos especiales para la ocasión.
- Humita de tarwi: Consumido en semana santa, consiste hornear una mezcla de harina de maíz, harina de chocho, leche, queso, azúcar y pasas.
- Torreja de tarwi: Se realiza mezclando harina de chocho y trigo; junto a hojas de quinoa picada, a agua con sal, cebolla, zanahoria y huevo batido. Después de obtener la mezcla se fríe y se lo acompaña con papas sancochadas, tunta y chuño negro.

- **Uso industrial**

El chocho tiene múltiples usos a nivel industrial que destacan su versatilidad y valor nutricional. Entre sus aplicaciones más destacadas se encuentra la elaboración de harina de chocho, que se puede utilizar en panificación, galletería, etc. Por otro lado, Villacrés et al. (2006) mencionan más usos alternativos enfocados en el área industrial, que son:

- Carne vegetal de chocho: Es una pasta blanca con sabor fresco y agradable, obtenido del proceso de fermentación del chocho con esporas de moho.
- Leche de chocho: Este producto es un extracto acuoso obtenido del grano, al cual se incorpora proteína hidrolizada junto con homogel, que actúa como estabilizante.
- Yogur de chocho: Producto elaborado a partir de la leche de chocho, realizado con las mismas etapas de producción que un yogur tradicional.

De forma natural los granos del tarwi (*Lupinus mutabilis*) contiene una serie de sustancias conocidas como antinutrientes, las cuales los hacen imposibles de digerir para humanos, aves, insectos y rumiantes. Sin embargo, estas sustancias disminuyen significativamente al ser sometidas al proceso de lavado y cocción resulta especialmente relevante, ya que la mayoría de estos compuestos son solubles en agua y poco resistentes al calor. La principal sustancia antinutritiva en los granos de chocho son los alcaloides, ya que influye en características como el sabor amargo del chocho y también siendo tóxicas para el hombre (Bastidas, 2022).

Es por estas razones que antes del consumo el chocho pasa por un proceso llamado desamargado, que sirve principalmente para minimizar de forma importante el contenido de antinutrientes especialmente el de alcaloides. El proceso sigue una metodología sencilla que consiste primeramente en remojar el tarwi por un día, esto hace que el grano se hinche alcanzando un mayor volumen, posteriormente se lo lleva a cocción por aproximadamente 2 horas cambiando de agua cada 30 minutos, para finalizar se pone el chocho en un recipiente en el que estará de 5 a 7 días realizando cambios de agua mínimo 2 veces cada día (Bastidas, 2022).

2.2.1.3. Zona de cultivo

En Ecuador la zona de cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) tiene altitudes comprendidas entre 2700 y 3800 metros sobre el nivel del mar, por lo que su mayor producción se da en la región interandina en Chimborazo, Pichincha, Cotopaxi e Imbabura siendo estas las principales provincias con mayor tradición de siembra de este grano. Por otro lado, en provincias como Cañar, Azuay y Loja, su presencia es escasa o incluso nula, debido al abandono progresivo del cultivo o al desconocimiento de su uso alimenticio. No obstante, iniciativas de recuperación en provincias como Bolívar, Carchi y Tungurahua han comenzado a reactivar su cultivo, tanto por sus cualidades nutricionales como por su valor cultural (Peralta, 2016).

La figura 2 muestra las principales zonas de producción de chocho en Ecuador, Perú y Bolivia. En Ecuador, las provincias destacadas son Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua y Chimborazo. En Perú, las regiones productoras incluyen Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Ancash, Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Cusco, Apurímac y Puno. Finalmente, en Bolivia, las zonas identificadas son La Paz, Oruro, Cochabamba, Potosí y Chuquisaca. Esta distribución refleja la

amplia implantación del cultivo de chocho en zonas andinas, caracterizadas por altitudes y climas favorables para su desarrollo (Rodríguez et al., 2023).

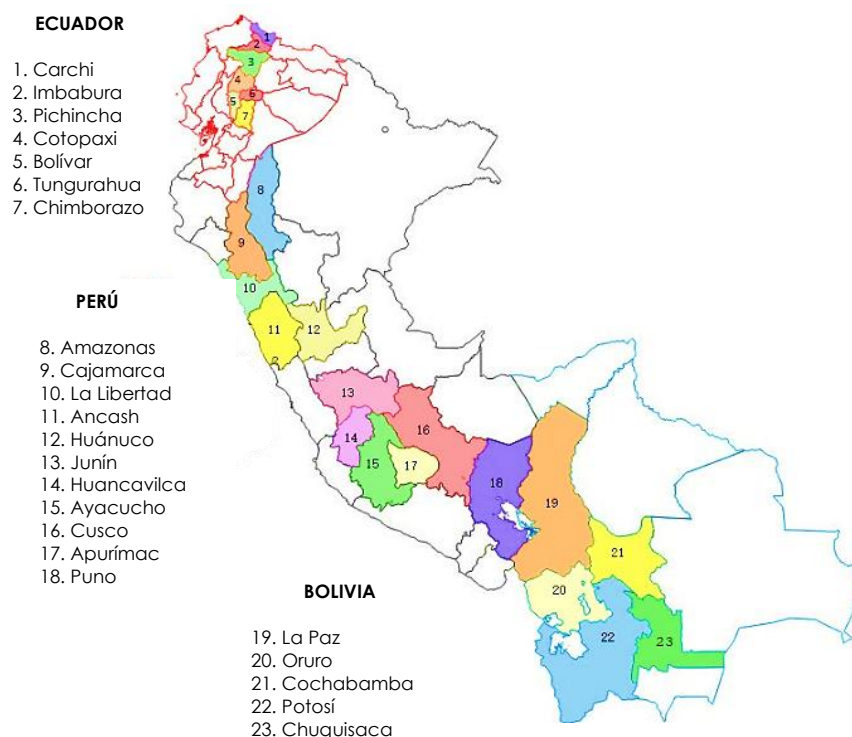


Figura 2. Zonas de producción de chocho en Ecuador, Perú y Bolivia.
Fuente: Rodríguez et al. (2023).

A lo largo del tiempo, la producción nacional de chocho ha disminuido notablemente, cayendo de más de 3.000 toneladas en 1970 a menos de 200 en 1980. Para 1997, los rendimientos seguían siendo bajos, con un promedio cercano a 317 kg por hectárea y parcelas menores a una hectárea por productor. En los últimos años, gracias a nuevas variedades como la INIAP-450 Andino y al trabajo asociativo, se han alcanzado rendimientos de hasta 1.500 kg/ha. Aunque existen más de 87.000 hectáreas aptas para su cultivo, la demanda nacional aún supera la oferta en aproximadamente 6.000 toneladas anuales (Peralta, 2016).

2.2.2. Amaranto. Definición, historia y taxonomía

La figura 3 muestra la planta de amaranto, también conocido como el género *Amaranthus* corresponde a un grupo de plantas herbáceas que forman parte de la familia *Amaranthaceae*. El nombre "amaranto" proviene de la palabra griega "amaranthos", que significa "inmarchitable" o "que no se marchita", en referencia a la durabilidad de sus flores. Este pseudocereal es especialmente valorado por sus

semillas, que son ricas en nutrientes y se utilizan como grano en la alimentación (Burgos et al., 2014).



Figura 3. Planta de Amaranto.
Fuente: Martínez y Mátar (2017).

El amaranto es nativo de América. Las evidencias arqueológicas indican que las civilizaciones prehispánicas ya utilizaban las hojas y semillas de amaranto antes de que se iniciara su domesticación. Las especies más relevantes de *Amaranthus* para la producción de grano incluyen *Amaranthus cruentus*, originario de América Central, particularmente de Guatemala y el sureste de México; *Amaranthus caudatus*, que tiene su origen en los Andes y se ha extendido a otras regiones templadas y subtropicales; y *Amaranthus hypochondriacus*, cultivado desde la época de los aztecas en México y actualmente en regiones como los Himalayas, Nepal y el sur de la India (Mapes, 2015).

El amaranto tiene un origen profundo en las culturas precolombinas de América, especialmente entre las culturas mesoamericanas, tales como los aztecas y los mayas donde fue un alimento de gran importancia tanto nutricional como cultural. Los aztecas, quienes lo llamaban huautli, lo consideraban uno de los más importantes cultivos junto con el maíz y el frijol. Su valor no era solo alimenticio, sino también simbólico, ya que formaba parte de ceremonias religiosas en las que se moldeaban figuras de deidades a base de masa de amaranto. A pesar de la prohibición de su cultivo por parte de los conquistadores españoles, quienes lo asociaban con rituales paganos, el amaranto continuó sobreviviendo en las comunidades indígenas más aisladas, principalmente en las regiones montañosas de México, los Andes y Centroamérica. Este grano también tuvo relevancia entre los incas en Sudamérica,

quienes lo cultivaban en zonas elevadas debido a su resistencia a condiciones climáticas adversas (Nieto, 1989).

En cuanto a la zona donde se da este pseudocereal, amaranto prospera en valles de montaña donde las heladas son inexistentes, a altitudes de 2000 a 2800 metros. Este cultivo se beneficia de un clima que recibirá entre 300 y 600 mm de precipitación durante su ciclo de crecimiento, junto con temperaturas cercanas a 15 °C. Es fundamental contar con un suelo de textura equilibrada, que drene adecuadamente y tenga un alto contenido de materia orgánica; además, el pH óptimo debe situarse entre 6 y 7.5 (Peralta et al., 2016).

La tabla 4 presenta la clasificación taxonómica del amaranto, donde se muestra desde la división hasta los distintos subgéneros y especies, resaltando la importancia botánica y agrícola de este grupo de plantas.

Tabla 4. Clasificación taxonómica del amaranto.

Taxonomía	
División	Fanerógamas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Angiospermas
Orden	Centrospermales
Familia	Amaranthaceae
Especie	Amaranthus
Sección	Amaranthus

Fuente: Peralta et al. (2016).

2.2.2.1. Valor nutricional, proceso para el consumo y producción

Luis et al. (2018) manifiesta que el amaranto destaca por su elevado valor nutritivo, especialmente en su contenido de proteínas, que puede variar entre el 13% y el 19%, según la variedad y las condiciones bajo las cuales se cultiva. Esta cantidad es considerablemente mayor que la de otros cereales tradicionales, como el maíz (9.4%), el arroz (7%-9%) y el trigo (10%-15 %). Además, el amaranto se distingue por su perfil proteico completo debido a que incluye la totalidad de los aminoácidos esenciales en las cantidades apropiadas, siendo la lisina una de sus principales ventajas, ya que es limitada en la mayoría de los cereales.

En años recientes, investigaciones han confirmado, mediante técnicas analíticas avanzadas, la alta calidad y cantidad de proteínas que ofrece el amaranto, lo que ha suscitado el interés de especialistas en nutrición. Este grano no solo supera en más del doble la cantidad de proteínas que contienen el maíz y el arroz, sino que también

destaca en otros componentes nutricionales, como lípidos, fibra y cenizas, que superan los niveles presentes en muchos cereales.

Tabla 5. Composición nutricional del grano de amaranto en base seca.

Características	Amaranto (%)
Humedad	11,1
Proteína	17,9
Grasa	7,7
Fibra	2,2
Cenizas	4,1
Carbohidratos	57,0

Fuente: Díaz y Somarriba (2021).

El proceso de lavado del amaranto cumple un papel fundamental, ya que se usa bicarbonato de sodio para reducir compuestos no deseados como la astringencia. Según Guaján (2019), antes de este proceso se tiene que cernir y eliminar piedras e impurezas de forma manual. Posteriormente se somete a un lavado utilizando una solución al 5% de bicarbonato de sodio en abundante agua, realizando agitación constante durante un periodo de entre cinco a siete minutos. Esta solución se da en una proporción equivalente a 50 gramos por litro, esto permite generar un medio ligeramente alcalino que favorece a la reducción de la astringencia.

En países como Ecuador, México, Perú y Bolivia se emplea un proceso térmico conocido como tostado del amaranto para la elaboración de productos dulces como turroneo o barras energéticas. Este tratamiento se da para lograr un mejoramiento en las cualidades sensoriales del amaranto, ya que no solo aporta un aroma y sabor más agradables, sino que también intensifica las notas a nuez y cereal, además de reducir los sabores amargos y terrosos específicos de este pseudocereal. Estas características que aporta el tostado del amaranto son especialmente útiles en productos como las galletas, donde el perfil sensorial representa un elemento fundamental para lograr la aceptación del producto al consumidor.

Por otro lado, el tostado también influye en la estructura química del grano. El calor provoca la desnaturalización parcial de las proteínas, facilitando su digestión y aumentando su biodisponibilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que ciertos aminoácidos esenciales, como la lisina, pueden degradarse si el tratamiento térmico no es controlado adecuadamente. Estudios experimentales sugieren que el tostado óptimo del amaranto se logra con el tostado en porciones a temperaturas

entre 160 y 180 °C, durante 5 a 10 minutos esto dependiendo de la cantidad de amaranto a tostar en cada porción (Criollo y Fajardo, 2010).

En el Ecuador la producción de amaranto se da principalmente en zonas con altitudes comprendidas entre 2000 y 2800 metros sobre el nivel del mar, zonas donde se tiene baja pluviosidad y alta luminosidad, el rango óptimo de precipitaciones entre 1200 y 2400 mm al año y con una temperatura media de 15°C. En función a estos requerimientos las zonas con más potencial en el Ecuador son: En la provincia de Carchi, se incluyen los cantones de Espejo, Mira y Bolívar; asimismo, en Imbabura se encuentran Ibarra, Urcuquí, Pimampiro, Otavalo y Cotacachi. Por otro lado, en Pichincha destacan Quito, Tabacundo, Rumiñahui y Mejía; mientras que en Cotopaxi se localizan Salcedo, Latacunga y Saquisilí. Finalmente, en la provincia de Tungurahua se encuentran los cantones Ambato, Pelileo, Píllaro, Patate y Quero. En particular, Imbabura presenta el mayor porcentaje de terreno con aptitud para el cultivo de amaranto a nivel nacional, con un 37,5 % del total (Pozo, 2011).

A pesar de sus propiedades nutricionales y de adaptabilidad la producción de amaranto en el país aún es limitada. Se estimaba una superficie cultivada de apenas 50 hectáreas, con rendimientos que oscilaban entre 22 y 66 quintales por hectárea, lo que equivale a una producción total de aproximadamente 400 toneladas métricas por año. El costo promedio de producción se calculó en 1.109 US D por hectárea, cifra manejable en relación con el valor nutritivo y potencial de mercado de este grano (Jurado, 2019).

2.2.3. Harinas. Definición, tipo de granos y clasificación

La harina es un polvo obtenido mediante la molienda de diversos productos agrícolas como cereales, pseudocereales, legumbres o raíces secas. Es un ingrediente básico en la cocina y la industria alimentaria en virtud de su amplia versatilidad y su elevado contenido nutricional.

Dependiendo del origen del grano o producto molido, la harina puede ser rica en carbohidratos, proteínas, fibras y minerales. La harina de trigo es la más común y se utiliza ampliamente en la elaboración de panes, pastas y productos de repostería, gracias a su contenido de gluten, una proteína que le confiere elasticidad y capacidad de formar masas esponjosas. Sin embargo, existen muchas otras harinas que varían en sus características nutritivas y funcionales, lo que permite su uso en diferentes aplicaciones alimentarias. La textura, color y sabor de la harina dependen

tanto de su origen como del proceso de molienda al que se somete. Además, la harina también puede ser utilizada como agente espesante en salsas y sopas, y como recubrimiento en la fritura de alimentos (Martínez y Mátar, 2017).

Los cereales son plantas a la familia Poaceae, cultivadas principalmente por sus granos ricos en almidón. Representan una fuente básica de energía en la alimentación humana y son ampliamente utilizados en la elaboración de harinas, panes, pastas y otros productos. Sin embargo, presentan limitaciones nutricionales, especialmente por su bajo contenido de algunos aminoácidos esenciales como la lisina, lo que afecta la calidad proteica de sus harinas (Martínez et al., 2020).

Los pseudocereales son semillas de plantas dicotiledóneas a pesar de no pertenecer a la familia de los cereales, presentan un aspecto similar y un alto contenido de almidón, por lo que se utilizan de manera similar en cuanto a la alimentación. Las especies más representativas son y encuentran la quinoa (*Chenopodium quinoa*), así como el amaranto (*Amaranthus sp.*); por otro lado, el trigo sarraceno (*Fagopyrum sp.*). Estos granos destacan por estar naturalmente libres de gluten, y por contener proteínas de alto valor biológico, fibra dietética, minerales esenciales y una diversidad de compuestos bioactivos como saponinas, polifenoles y fitoesteroles (Martínez et al., 2020).

Las leguminosas son plantas de la familia Fabaceae que se caracterizan por sus semillas ricas en proteínas. Desde una perspectiva nutricional, resaltan por su aporte de aminoácidos esenciales en particular lisina, lo que las convierte en complementos ideales para cereales en dietas basadas en vegetales. Los pseudocereales presentan un perfil proteico similar al de las leguminosas, con niveles altos de lisina, metionina y cisteína, lo cual les confiere una ventaja comparativa frente a los cereales convencionales (Martínez et al., 2020).

Las legumbres son las semillas secas comestibles de las leguminosas, como los frijoles, lentejas, garbanzos o habas. Su uso es fundamental en la alimentación humana por su elevado contenido en proteínas, fibra y micronutrientes. Las legumbres poseen una calidad proteica y un contenido de fibra dietética comparable al de las legumbres, lo que permite considerarlos como una alternativa funcional en dietas vegetarianas o libres de gluten (Martínez et al., 2020).

- **Clasificación según fuerza de la harina**

La clasificación de las harinas se da según su contenido de proteínas y gluten, ya que estas características son fundamentales para determinar su uso en la cocina. A continuación, Requena (2013) ofrece información detallada sobre las harinas de fuerza, media fuerza y flojas.

- Harina de gran fuerza: en su mayoría proviene de trigos duros se distingue por presentar un elevado nivel de proteína, entre 12% y 13% por cada 100 gramos. La concentración alta de proteína la harina desarrolla una red de gluten elástica y resistente; favoreciendo la elaboración de masas firmes, así también contiene una alta capacidad de absorción de agua que es de gran beneficio en el proceso de horneado.
- Harina de media fuerza: Este tipo de harina se caracteriza por tener un contenido proteico de entre 10% y 11% por cada 100 gramos, se trata de la mezcla equilibrada entre harinas fuerte y flojas lo que permite obtener un tipo de harina con propiedades intermedias adecuada para la elaboración de panes comunes que no requieren una estructura tan marcada.
- Harina floja: Este tipo de harinas son principalmente usadas en la elaboración de productos que no requieren mucha estructura como galletas o bizcochos. Esto se debe a su baja contenido de proteína que oscila entre 8% y 9% lo cual se traduce en una menor capacidad de formación de gluten, generando poca elasticidad, menor consistencias y que las masas sean más blandas.

- **Clasificación según el porcentaje de extracción**

Otra forma de clasificación de las harinas es por el rendimiento que se obtiene tras el proceso de molienda del grano. Chaglla (2024) da a conocer los tipos de harinas de acuerdo con esta clasificación:

- Harina flor: Es una de las harinas más refinadas y se obtiene en los primeros pasos de la molienda. Su rendimiento es del 40 %, lo que implica que por cada 100 kilogramos de grano se obtienen 40 kilogramos de harina muy fina, con baja presencia de salvado.
- Harina blanca: Tiene un porcentaje de extracción superior, entre el 60-70%. Su textura es más gruesa comparada con la harina flor, pero sigue considerándose una harina refinada.

- Harina integral: Se elabora moliendo el grano completo, lo que incluye el endospermo, el germen y parte del salvado. Su tasa de extracción es del 85 %, lo que le permite conservar más fibra, minerales y compuestos bioactivos, aunque su textura es más rústica y su color más oscuro.

2.2.3.1. Harina de chocho

La harina de chocho es un producto alimenticio obtenido a partir de la molturación del grano seco del *Lupinus mutabilis*, una leguminosa andina conocida comúnmente como chocho o tarwi. Antes de su transformación en harina, los granos deben someterse a un proceso de desamargado para eliminar los alcaloides naturales que le confieren un sabor amargo y pueden resultar tóxicos en concentraciones elevadas. Una vez libre de estos compuestos, el grano se seca y se muele hasta obtener un polvo fino, de color claro y sabor neutro. Esta harina es apreciada por su elevado contenido proteico, así como por su aporte en fibra dietética, grasas saludables y minerales esenciales. Además, dado que carece de gluten constituye una opción apropiada destinada a quienes padecen enfermedad celíaca o presentan sensibilidad a esta proteína (Meneses y Burbano, 2025).

Tecnológicamente, la harina de chocho tiene propiedades funcionales destacables como alta capacidad de retención de agua y aceite, y buena estabilidad de espumas, lo que favorece su uso en productos horneados. Ensayos con panificados han demostrado que reemplazos parciales de harina de trigo por harina de *Lupinus mutabilis* (20–50%) no solo mejoran el perfil nutricional, sino también mantienen la aceptabilidad sensorial del producto (Meneses y Burbano, 2025).

De acuerdo con Salazar (2024), las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de chocho se dan en cantidades de: Acidez ($0,12 \pm 0,01\%$); proteína ($49,58 \pm 0,98\%$); grasa ($14,10 \pm 0,00\%$); ceniza ($0,7 \pm 0,03\%$); carbohidratos ($4,41 \pm 0,99\%$); fibra dietaria ($24,40 \pm 0,00\%$); humedad ($7,43 \pm 0,03\%$); capacidad de retención de agua en 50 °C ($3,40 \pm 0,10$).

2.2.3.2. Harina de amaranto

La harina de amaranto se elabora a partir de las semillas del género *Amaranthus*, plantas tradicionalmente cultivadas en América. Para su obtención, las semillas se limpian, se secan y se muelen finamente, dando lugar a una harina de color crema y textura suave. Este producto destaca por su alta densidad nutricional, especialmente por su contenido en proteínas de buena calidad, fibra alimentaria, lípidos insaturados

y compuestos bioactivos como los flavonoides. Este pseudocereal no contiene gluten, convirtiéndolo en un ingrediente de suma importancia en la dieta de personas celiacas.

Desde el punto de vista funcional, esta harina es adecuada para productos horneados por su buena capacidad de absorción de agua, emulsificación y formación de espuma. Estudios indican que puede usarse en formulaciones de pan y galletas hasta en un 20–30%, mejorando el contenido de proteína, fibra y textura sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto final (Meneses y Burbano, 2025).

De acuerdo con De Bock et al. (2021), las propiedades funcionales y fisicoquímicas de la harina de amaranto se dan en cantidades de: almidón (57,3% - 65,5%); proteína (15,1% - 16,4%); grasa (6,47% - 7,25%); ceniza (2,23% - 2,87%); absorción de agua (1,86% - 2,15%); alfa-amilasa (0,06 – 0,22) y daño al almidón (3,10 – 3,95).

2.2.3.3. Requisitos de las harinas

Dado que en la actualidad no existen normativas oficiales específicas que regulen los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos de harinas elaboradas a partir de granos originarios de la región andina, tales como el chocho (*Lupinus mutabilis*) o el amaranto (*Amaranthus spp.*), se ha considerado pertinente utilizar como referencia la normativa técnica establecida para la harina de trigo. Esta decisión se fundamenta en el hecho de que la harina de trigo constituye el estándar más ampliamente regulado y utilizado en la industria alimentaria.

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006) establece los requisitos de calidad que debe cumplir la harina de trigo para el consumo humano. Esta norma especifica aspectos físicos, químicos y microbiológicos, que permiten garantizar la seguridad del producto en la elaboración de productos panificados. De igual forma, el Codex Alimentarius mediante su norma Codex Stan 152-1985, da criterios internacionales para harinas de cereales y leguminosas; permite contar con una referencia adicional en ausencia de normativas específicas para harinas alternativas como la de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*).

- **Requisitos fisicoquímicos**

Al evaluar la calidad técnica y funcional de las harinas se puede obtener el valor nutricional de las mismas, es por eso por lo que parámetros fisicoquímicos resultan

fundamentales para la valoración de estos aspectos. Entre los aspectos más importantes se encuentran el contenido de humedad, acidez, contenido de cenizas, gluten y granulometría. La norma INEN 616 establece valores límite para estos indicadores en harina de trigo, mientras que el Codex Alimentarius proporciona recomendaciones generales para productos similares.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de la harina de trigo

Parámetro	Límite máximo / mínimo	Unidad
Humedad	≤ 14.5	%
Proteína	≥ 7.0	%
Acidez	≤ 0.2	%
Cenizas	≤ 1.0	%
Gluten (si es el caso)	≥ 20	%
Granulometría	95	%

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006).

- **Requisitos microbiológicos**

Los requisitos microbiológicos son parámetros esenciales en la producción no solo de harinas, sino de todos los alimentos, ya que, se centran en garantizar la inocuidad del producto, evitando riesgos para la salud del consumidor. La norma INEN 616 establece límites máximos permisibles para organismos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, mohos y levaduras, los cuales sirven como indicadores de contaminación y deterioro. El Codex Alimentarius también establece lineamientos generales en materia de inocuidad para ingredientes secos, aplicables a harinas.

Tabla 7. Requisitos microbiológicos de la harina de trigo

Microorganismo	Límite permitido	Unidad
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	UFC/g
Mohos y levaduras	≤ 100	UFC/g
Recuento total aeróbico	≤ 10 ⁴	UFC/g

Fuente Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006).

- **Propiedades funcionales**

Las propiedades funcionales son aspectos de gran importancia en las harinas, ya que, influyen directamente en el rendimiento y la textura de los productos derivados como son: productos panificables, galletas, pastas y en este caso alimentos sin gluten.

- Capacidad de absorción de agua: Es la cantidad de agua que una harina puede retener o captar en su estructura, lo que refleja su capacidad para formar pastas o masas hidratadas. Esta propiedad depende de componentes

importantes como proteínas, almidón dañado, fibra y cenizas. Harinas con mayor contenido de proteínas y fibras suelen presentar mayor absorción. Por ejemplo, trigo con más gluten y salvado absorbe mejor que harina refinada (Hasmadi et al., 2020).

- Capacidad de retención de agua: Hace alusión a la habilidad de la harina para mantener el agua absorbida cuando se aplica una fuerza externa, como centrifugar o hornear. Está ligada principalmente a la presencia de fibra insoluble y proteínas que retienen agua en su matriz. Esta característica es crucial para la textura y frescura del producto final (Friero et al., 2024).
- Poder de hinchamiento: Indica cuánto se hinchan los gránulos de almidón al absorber agua y calentarse, un proceso dependiente de la temperatura y de la estructura del almidón (amilosas vs amilopectina) (Hasmadi et al., 2020).

En estudios que involucran materias primas como la harina para realizar la determinación de estas propiedades funcionales se usa el equipo Mixolab.

Parámetros que determina el equipo:

- Absorción de agua (%): La absorción de agua indica el porcentaje de agua que una harina puede retener durante el amasado. Esto depende principalmente del contenido y calidad de proteínas y gluten en la harina, y es esencial para obtener masas bien hidratadas y con buen rendimiento.
- Tiempo de desarrollo: Se refiere al tiempo necesario para que la masa alcance su consistencia óptima durante el amasado, permitiendo la formación adecuada de la red de gluten.
- Estabilidad de la masa: Es el periodo durante el cual esta mantiene su máxima consistencia mientras se amasa. Representa la fuerza y resistencia de la red de gluten, indicando la capacidad de la masa para soportar el trabajo mecánico sin deteriorarse.
- Parámetros térmicos: C1 consistencia inicial durante el amasado, C2 desnaturalización de proteínas a medida que la temperatura se incrementa, se produce la gelatinización del almidón (C3). Además, se observa una mayor estabilidad térmica del gel formado por el almidón (C4). Finalmente, este proceso conduce a la retrogradación del almidón (C5).

La figura 4 muestra la curva típica del Chopin Mixolab, destacando parámetros principales como la absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa, la

estabilidad, las consistencias máximas y mínimas durante la mezcla, calentamiento y enfriamiento, así como la temperatura de gelatinización y el torque máximo de cocción; reflejan el comportamiento reológico y transformación térmica de la masa.

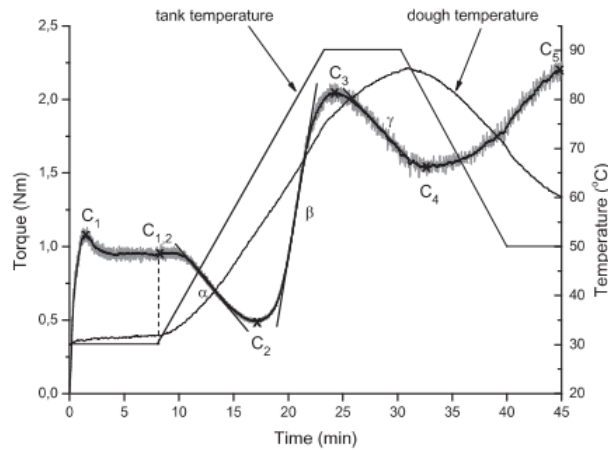


Figura 4. Perfil de Mixolab.
Fuente: Dapčevi et al. (2011).

- **Propiedades reológicas**

En los procesos de producción de alimentos las propiedades reológicas cumplen un papel fundamental, ya que, describen el comportamiento masas o fluidos al ser sometidos a fuerzas externas. En el caso particular de las harinas los parámetros reológicos permiten evaluar la capacidad de estas estructuras, la elasticidad, cohesividad y la retención de gas, aspectos que influyen en la calidad del producto terminado (Anton Paar, 2023). De acuerdo con Putri et al. (2022), los parámetros más importantes que analiza en Reómetro son:

- Peak time (tiempo máximo del pico): Se refiere al tiempo que necesitó la matriz para alcanzar la viscosidad máxima durante la etapa del calentamiento, en palabras generales indica la velocidad de hincharse y gelatinizarse del almidón.
- Pasting temperature (temperatura de empaste): Este parámetro indica el inicio de la gelatinización y es la temperatura en la que la viscosidad se eleva de forma breve.
- Holding strength (fuerza de retención): Esta característica determina la estabilidad térmica que tiene el gel formado y se refleja mediante la viscosidad en fase del calentamiento sostenido.

- Breakdown (pérdida de viscosidad): Se calcula como la diferencia entre peak viscosity y holding strength y representa la baja de la viscosidad tras haber alcanzado el pico más alto.
- Final Viscosity (viscosidad final): Parámetro que indica la firmeza final del gel y la retrogradación del almidón.

2.2.3.4. Procesos claves para la obtención de harina

La elaboración de harinas que provienen de pseudocereales, cereales, tubérculos y leguminosas involucra una serie de pasos claves los cuales permiten transformar esta materia prima en un producto seco, estable y apto para el consumo humano. Dentro de todos los procesos que conlleva esta transformación se destacan el secado o deshidratado, la molienda y el tamizado, ya que estos no solo determinan la textura del polvo final, sino también sus características fisicoquímicas, funcionales y nutricionales.

- **Secado o deshidratado**

El proceso de secado o deshidratado es una etapa mediante la cual se baja el contenido de humedad de un determinado producto, esto se realiza con varios propósitos como prolongar la vida útil, evitar el crecimiento microbiano y en este caso con los pseudocereales y leguminosas facilitar la molienda posterior.

Este paso es especialmente usado cuando se trabaja con granos o semillas que han sido previamente lavados. Hay diferentes tipos de secar o deshidratar, desde métodos empíricos como el secado al sol hasta métodos más técnicos y controlados como el secado por convección de aire caliente o el uso de hornos deshidratadores.

De acuerdo con la investigación de Fellows (2017), el contenido de humedad óptimo para la molienda adecuada de productos vegetales tiene que estar por debajo del 12%, esto permite facilitar el proceso de pulverización en los molinos y de igual forma evita el deterioro por crecimiento microbiano de estos alimentos.

- **Molienda**

La molienda se conoce como el proceso mediante el cual las semillas o granos se convierten en polvo o harina, esto se da debido a la reducción de tamaño de partículas que se producen en los molinos. Este proceso influye directamente a la textura, la funcionalidad y a la digestibilidad de las harinas y los productos que se

derivan de las mismas. De acuerdo con Freire y Lalbay (2022), hay diferentes tipos de molienda dependiendo del método y el tamaño de partícula deseado:

- Molienda vía seca: se realiza con materia primas previamente deshidratadas, este tipo de molienda es más común en harinas.
- Molienda – Secado: la materia prima entra húmeda al proceso y se seca durante el mismo.
- Molienda vía húmeda: se realiza con la materia prima en un previo remojo, lo que permite separar otros componentes como el almidón.

- **Tipos de molinos**

Para el proceso de obtención de harina el tipo de molino cumple un papel fundamental, ya que influye directamente en características como el tamaño de partículas, el rendimiento, la textura y las propiedades funcionales. En su investigación Carrera y Vargas (2016) da a conocer los diferentes tipos de molinos, los cuales son:

- Molino de platos: Funciona por medio de fricción entre sus dos placas metálicas, una fija y una giratoria. La materia prima es ingresada en el centro y se parte; sin triturarse mientras se desplaza hacia afuera por efecto de la rotación.
- Molinos de rodillos: Este equipo es común en la industria del trigo, ya que permite un molido progresivo por comprensión. En su estructura consta de dos rodillos laminados que giran a la par uno sobre otro, existe una pequeña abertura por la cual se desplaza la materia prima durante la molienda.
- Molino de martillos: Es uno de los más utilizadas en la industria de las harinas, funciona mediante un conjunto de piezas que se encuentran en un eje giratorio, el molino de martillos generalmente opera con velocidades desde 1500 a 4000 rpm. La función principal de estos equipos es impactar violentamente sobre la materia prima generando una fuerza de impacto que fragmenta al grano hasta obtener partículas lo suficientemente pequeñas como para atravesar una malla que se encuentra a la salida del equipo.
- Molino de bolas: Emplea esferas que generalmente son de acero, pueden ser de distintos tamaños y niveles de acuerdo con el propósito de la molienda. El funcionamiento consta de un tambor que gira haciendo que las bolas y la materia prima por procesarse se eleven por las paredes internas del cilindro, una vez alcanzada cierta altura la fuerza de gravedad hace que las bolas

caigan y choquen entre si con la materia prima, esto genera una serie de impactos que reducen el tamaño de partícula.

- **Tamizado**

El tamizado es una operación que clasificar partículas sólidas según su tamaño, mediante el uso de mallas con aberturas específicas. En el procesamiento de harinas, esta etapa permite obtener un producto de granulometría uniforme, eliminar residuos no deseados como salvado grueso y ajustar el tamaño de partícula según el uso final del producto. El tamizado puede realizarse de forma manual, usando tamices de malla estándar o mediante sistemas mecánicos vibratorios; permiten una clasificación más precisa, especialmente en procesos a mayor escala (Fellows, 2017).

El tamaño de partícula de la harina depende del producto final que se desee realizar como para harinas refinadas que su fin es la elaboración de pan, el tamaño de partícula ideal suele ir de 150 a 200 micras; mientras que para harinas integrales puede aceptarse partículas hasta 300 micras o más. De acuerdo con la Norma Codex Alimentarius 152-1985 la harina de trigo para consumo humano debe pasar en al menos un 98 % por un tamiz de 212 micras (malla N° 70), lo que garantiza una textura fina adecuada para productos panificados.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que los objetivos se centran en medir y analizar las propiedades funcionales, fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de la harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y sus mezclas con el fin de evaluar su potencial para la elaboración de galletas.

Las variables de estudio como la humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra, acidez, propiedades funcionales y reológicas son de naturaleza numérica y pueden ser medidas de manera objetiva. Estas variables pueden determinarse mediante técnicas analíticas oficiales (Pomeranz y Meloan, 1994).

3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo del estudio es experimental, orientado a evaluar de manera integral la harina de amaranto combinada con harina de chocho en la producción de galletas. A través del diseño experimental se evalúan las propiedades funcionales, fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de las harinas, permitiendo obtener resultados concretos sobre su comportamiento y aplicación en la industria galletera.

La investigación experimental es un tipo de estudio científico en el que se manipula intencionadamente una variable independiente para observar y medir su efecto en una variable dependiente. Se realiza bajo condiciones controladas que permiten establecer relaciones de causa y efecto; se distingue por tener subdiseños como lo es el preexperimental, que solo interviene un grupo sin control; el cuasi-experimental, con grupos de intervención y control, pero sin asignación aleatoria; por último, el diseño experimental verdadero que asigna aleatoriamente a los participantes a grupos, permitiendo un control riguroso de variables y mayor validez en los resultados obtenidos (Ramos, 2021).

3.2. HIPÓTESIS

Ho: Las propiedades fisicoquímicas, funcionales, reológicas y microbiológicas de las mezclas de harinas de chocho con amaranto no cumplen con los requisitos técnicos para la producción de galletas.

Ha: Las propiedades fisicoquímicas, funcionales, reológicas y microbiológicas de las mezclas de harinas de chocho con amaranto cumplen con los requisitos técnicos para la producción de galletas.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

A continuación, se presentan las variables consideradas en la investigación, tanto independiente como dependiente.

Variable independiente:

- Porcentaje de sustitución de harina de amaranto por harina de chocho.

Variable dependiente:

- Tamaño de partícula.
- Características funcionales, reológicas, fisicoquímicas y microbiológicas de las harinas.

Para una adecuada medición y análisis, se realizó la operacionalización de las variables de estudio. En la tabla 7 se presentan las variables independiente y dependientes, junto con sus indicadores y métodos de evaluación, lo que permite una aplicación clara en la investigación.

Tabla 7. Operalización de las variables de la extracción de las harinas de chocho y amaranto.

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento		
Independiente:						
Porcentaje de sustitución de harina de amaranto por harina de chocho	Porcentaje	100% amaranto	Gravimetría	(Chauhan et al., 2016)		
		90% amaranto y 10% chocho				
		80% amaranto y 20% chocho				
		70% amaranto y 30% chocho				
Tamaño de partícula	Análisis funcional	Número de malla 70 y diámetro de apertura de 212 micras	Tamizado	AOAC 965.22		
		Capacidad de absorción de agua Capacidad de retención de agua	Reometría	(Dapčević et al., 2011)		
Análisis reológico	Análisis reológico	Tiempo máximo del pico	Reometría	(Kaur y Singh, 2016)		
		Temperatura de empaste				
		Fuerza de retención				
Dependiente:	Calidad de la harina	Pérdida de viscosidad	Gravimetría	AOAC 925.10		
		Viscosidad final				
		Humedad			Método de Kjeldahl	AOAC 960.52
		Contenido de proteína			Método de Soxhlet	AOAC 945.16
		Extracto etéreo			Gravimetría	AOAC 923.03
		Cenizas			Método de Weende	AOAC 945.88
		Fibra cruda			Método de diferencia de porcentajes	AOAC 985.25
		Carbohidratos			Método del yodo	(Lage et al., 1983)
		Contenido de almidón			Acidez titulable	NTE INEN 521:2013
		Acidez			Técnica Petrifilm	AOAC 990.12
Análisis microbiológico	Análisis microbiológico	<i>Aerobios mesófilos</i>	Técnica Petrifilm	AOAC 991.14		
		<i>Coliformes</i>	Técnica Petrifilm	AOAC 991.14		
		<i>E. coli</i>	Método ELFA	AOAC 996.08		
		<i>Salmonella</i>	Técnica Petrifilm	AOAC 997.02		
		<i>Mohos y levaduras</i>				

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Métodos

3.4.1.1. Lugar de investigación

Todos los procedimientos experimentales de obtención y caracterización de las mezclas de harina de chocho y amaranto se llevarán a cabo en los laboratorios y en la planta de procesamiento de cereales de la UPEC.

3.4.1.2. Proceso de desamargado del chocho

La figura 5, ilustra las principales etapas involucradas en el procesamiento de granos de chocho para la eliminación de compuestos amargos (alcaloides). Cada etapa está organizada secuencialmente en el diagrama, mostrando entradas y salidas de agua, así como la remoción de materia de rechazo.

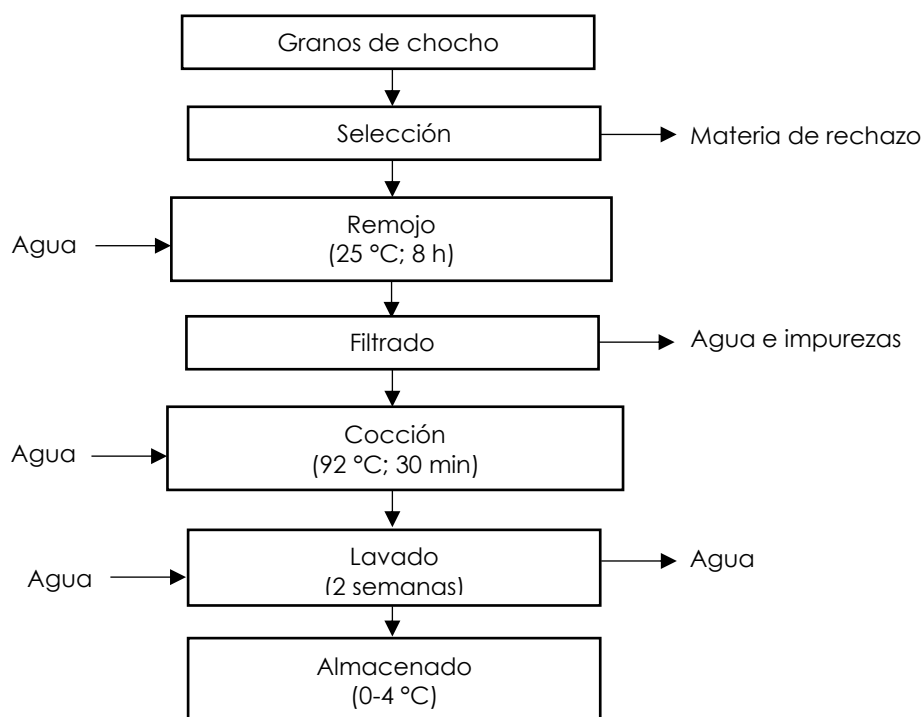


Figura 5. Diagrama de flujo para el desamargado del chocho.

El proceso de desamargado es un paso muy importante el cual sirve para eliminar los alcaloides del chocho y hacerlo consumible, de acuerdo con Aguagallo (2013) describe este proceso en las siguientes etapas:

- Selección: Se realiza una limpieza manual de los granos, eliminando los residuos y granos en mal estado.

- Remojo: Se realiza el remojo al grano por un tiempo de 8 horas a una temperatura de 25°C.
- Cocción: Una vez que el grano se remoje y se escurra el agua, se procede a cocinarlo por 30 minutos si el chocho es seco a una temperatura de 92°C.
- Lavado: Con ayuda de agua potable se procede a lavar el grano cocinado, haciendo cambios de agua durante las siguientes dos semanas, proceso que se realiza para reducir el nivel de alcaloides del grano.
- Almacenamiento: Una vez realizado el proceso de desamargado, el grano de chocho se debe mantener en condiciones de refrigeración hasta secarlo para continuar con el producto a realizar.

3.4.1.3. Obtención de harina de chocho y amaranto

La figura 6 y 7 describen el proceso secuencial para la transformación de granos de chocho y amaranto en harina. Los diagramas muestran claramente las entradas y salidas en cada etapa, facilitando entender la dinámica del proceso y la importancia de la secuencia tecnológica de la harina producida.

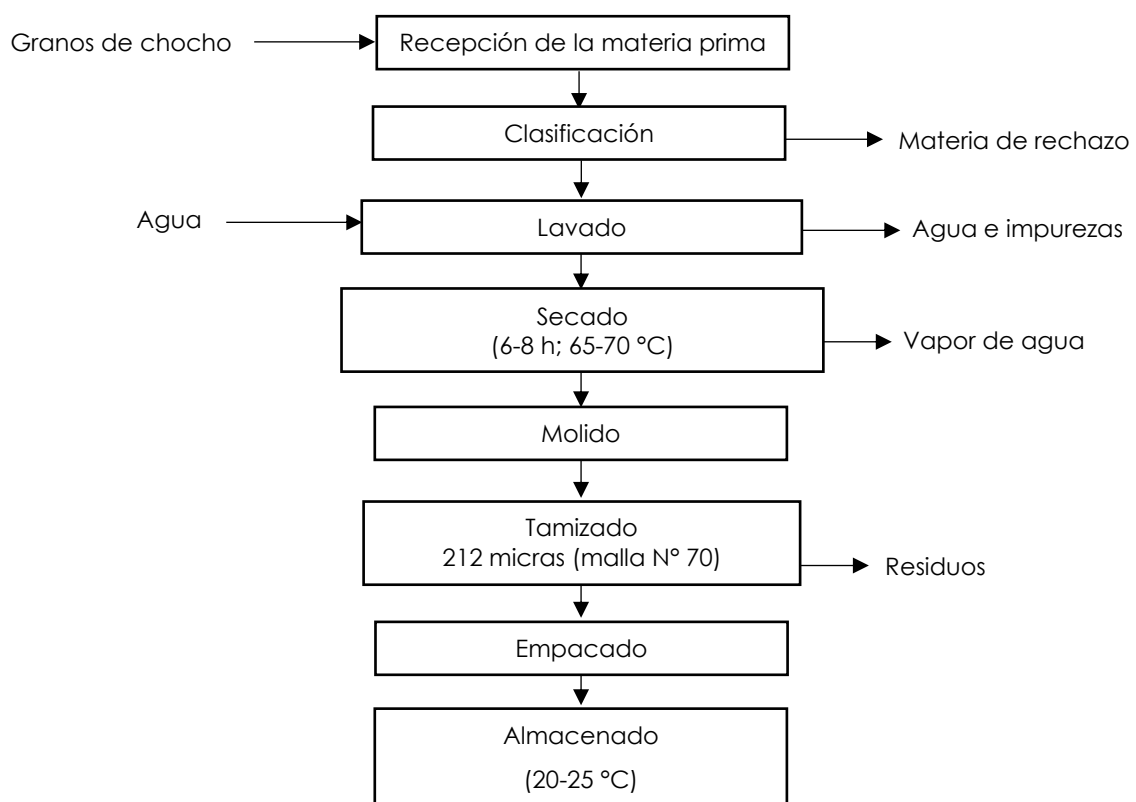


Figura 6. Diagrama de flujo de la obtención de harina de chocho.

La harina resulta de la elaboración de varias etapas que se deben realizar de manera cuidadosa, ya que cada una de estas etapas pueden inferir en las características del producto terminado, es por eso por lo que Sadva (2019) describe este proceso en las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima: Se recibe los granos de chocho provenientes de las zonas de la Sierra ecuatoriana, donde se realizó una inspección de calidad inicial.
2. Clasificación: Se eliminaron meticulosamente los granos dañados, rotos o con cualquier otra contaminación para evitar la contaminación y garantizar la calidad del producto.
3. Lavado (desamargado): Las materias primas se lavaron exhaustivamente con abundante agua para eliminar impurezas, tierra y otros contaminantes.
4. Secado: Las materias primas lavadas se someten a un proceso de secado controlado en un secador durante 8 horas a temperaturas que oscilaron entre 60°C y 70°C hasta tener llegar a tener 12% de humedad.

En este estudio el secado de los granos se realizó utilizando un deshidratador eléctrico de convección forzada, el cual tiene una estructura en acero inoxidable y los controles de temperatura y tiempo de forma digital. El equipo tiene varios espacios para poner bandejas perforadas de acero, lo que permite un secado uniforme mediante la circulación de aire caliente controlada por ventiladores internos.

5. Molienda: Las materias primas secas se muelen hasta lograr una consistencia de harina fina similar a la harina de trigo. Esta molienda fina facilita una mezcla homogénea y la adecua para los pasos de procesamiento posteriores.

En este caso se utilizó un molino de martillos semiindustrial en acero inoxidable TF-40. Este equipo funciona mediante martillos rotatorios montados sobre un eje que gira aproximada a 3600 rpm de velocidad, permitiendo la fragmentación de los granos de chocho por impacto. La alimentación se realizó por gravedad a través de una tolva inclinada, mientras que la descarga del producto molido ocurrió por la parte inferior del equipo.

6. Tamizado: Una vez molida la harina se procede a pasarla por una serie de tamices, esto con el fin de tener un determinado tamaño de partícula y uniformidad en el producto.

En este caso se utilizó una tamizadora As, la cual está conformada por varios platos o cernidores que van reduciendo el tamaño de partícula mediante vibración. En este estudio se tomó en cuenta la Norma Codex Alimentarius 152-1985 la harina de trigo, por lo que se escogió la harina que pasó el tamiz de 212 micras (malla N° 70).

7. Empacado: La harina tamizada se empaca cuidadosamente en bolsas laminadas, las cuales luego se sellaron para evitar contaminantes ambientales.
8. Almacenamiento: La harina envasada se almacena a temperatura ambiente y alejada de la luz del sol, protegiendo su humedad correspondiente.

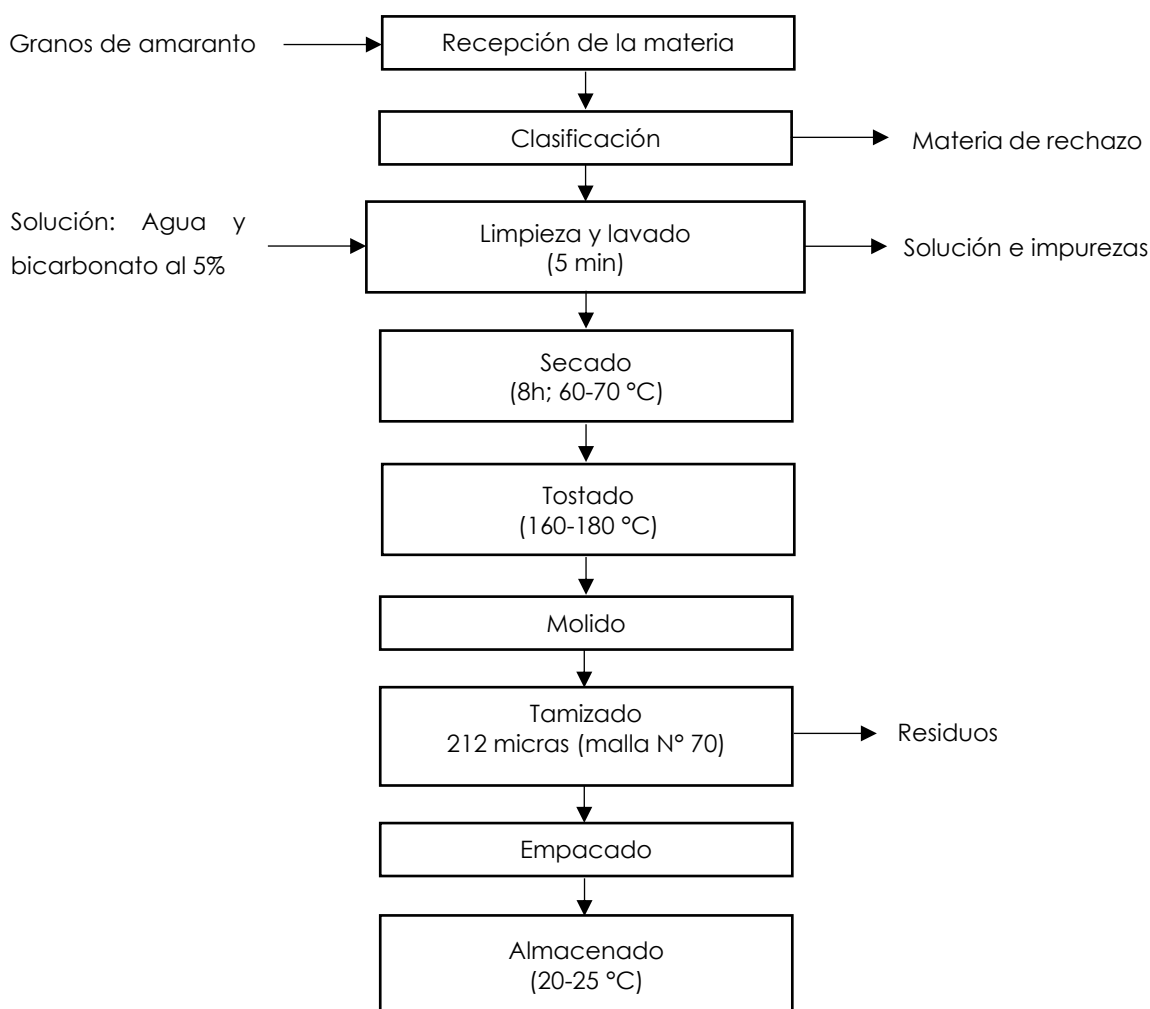


Figura 7. Diagrama de flujo de la obtención de harina de amaranto.

La harina resulta de la elaboración de varias etapas que se deben realizar de manera cuidadosa, ya que cada una de estas etapas pueden inferir en las características del producto terminado, es por eso por lo que Alemán (2022) describe este proceso en las siguientes etapas:

1. Recepción de la materia prima: Se recibe las semillas de amaranto provenientes de las zonas de la Sierra ecuatoriana, donde se realizó una inspección de calidad inicial.
2. Clasificación: Se eliminaron meticulosamente los granos dañados o cualquier otra contaminación para evitar la contaminación y garantizar la calidad del producto.
3. Limpieza y lavado: Los granos de amaranto se lavan cuidadosamente en una solución de bicarbonato de sodio, mientras se revuelven continuamente para eliminar la astringencia de la semilla. De acuerdo con Guaján (2019), se usa una solución de bicarbonato de sodio al 5% y se remueve por 5 minutos en abundante agua. Esta solución se da en una proporción equivalente a 50 gramos por litro.
4. Secado: Se proceden a secar durante 8 horas de 60-70 °C hasta tener una humedad de 12%.

En este estudio el secado de los granos se realizó utilizando un deshidratador eléctrico de convección forzada, el cual tiene una estructura en acero inoxidable y los controles de temperatura y tiempo de forma digital. El equipo tiene varios espacios para poner bandejas perforadas de acero, lo que permite un secado uniforme mediante la circulación de aire caliente controlada por ventiladores internos.

5. Tostado: El amaranto se tuesta en porciones a una temperatura que puede ir de 160-180 °C durante un tiempo de 5-10 minutos esto dependiendo de la cantidad de amaranto que tenga cada porción.
6. Molienda: Las materias primas secas se muelen hasta lograr una consistencia de harina fina. Las semillas de amaranto sin tostar requieren dos moliendas, mientras que las tostadas solo necesitan una.

En este caso se utilizó un molino de martillos semiindustrial en acero inoxidable TF-40. Este equipo funciona mediante martillos rotatorios montados sobre un eje que gira aproximada a 3600 rpm de velocidad, permitiendo la fragmentación de las semillas por impacto. La alimentación se realizó por gravedad a través de una tolva inclinada, mientras que la descarga del producto molido ocurrió por la parte inferior del equipo.

7. Tamizado: El proceso de tamizado garantiza un tamaño de partícula uniforme en las harinas de amaranto.

En este caso se utilizó una tamizara As, la cual está conformada por varios platos o cernidores que reduciendo el tamaño de las partículas de harina mediante vibración. En este estudio se tomó en cuenta la Norma Codex Alimentarius 152-1985 la harina de trigo, por lo que se escogió la harina que paso el tamiz de 212 micras (malla N° 70).

8. Empacado: La harina de amaranto se envasa posteriormente en bolsas de polietileno para su conservación y uso futuro.
9. Almacenado: La harina una vez envasada se almacena bajo temperatura ambiente y alejada de la luz del sol, para conservar su humedad correspondiente.

3.4.2. Técnicas

3.4.2.1. Análisis fisicoquímico

Las harinas y mezclas obtenidas se someterán a los análisis de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra, cenizas, carbohidratos, almidón y acidez; siendo estos los requisitos que deben tener las harinas. Las metodologías de ensayo se describen en las normas AOAC e INEN.

- **Determinación de humedad**

El contenido de humedad de un alimento se determina mediante la pérdida de peso que experimenta la muestra al ser calentada en una estufa a una temperatura específica y durante un tiempo determinado. Para determinar este parámetro se hizo uso de la norma AOAC 925.10, donde se siguió los siguientes pasos:

- 1) Se taró previamente las capsulas en la estufa a 105°C durante 60 minutos hasta obtener un peso constante.
- 2) En una balanza analítica con precisión de $\pm 0,001$ g, se pesó una muestra de 3 a 5 gramos y se colocó en las capsulas etiquetadas con cada tratamiento.
- 3) Se llevó las muestras a la estufa a una temperatura de 103°C por un tiempo de 3 horas.
- 4) Se retiró las capsulas de la estufa, colocando en el desecador y dejando enfriar de 10 a 15 minutos. Una vez enfriado se pesó para obtener el peso final.
- 5) Para determinar el contenido de humedad, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{W_1 - W_2}{W_M} \times 100 \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

W_1 = Peso capsula con muestra seca (en gr).

W_2 = Peso de la capsula vacío (en gr).

W_M = Peso de la muestra (en gr).

- **Proteína**

Para la determinación del contenido de proteína se usó el método 2001.11 descrito por la norma AOAC 960.52, usando el procedimiento Kjeldahl. Este procedimiento es un estándar reconocido que consta de tres etapas principales:

Digestión:

- Se pesó 1 g de muestra en un papel de pesaje tarado, procediendo a transferir la muestra a un tubo Kjeldahl.
- Se adicionó 12 ml de H_2SO_4 concentrado y 2 pastillas catalizadoras a cada tubo.
- Digerir hasta que la mezcla tenga un color verde claro.

Destilación:

- Se dejó enfriar de 10 a 20 minutos en la campana de flujo laminar (hasta que dejó de salir humo de los tubos).
- Se agregó un poco de agua desionizada a cada tubo, en el caso de haber salpicaduras del líquido se procedió a dejar enfriar otros minutos. Después de esto, se colocó agua a cada tubo hasta un volumen total de 80 mL que es llevada al destilador.
- Neutralización: Se colocó 50 mL NaOH 40% para liberar NH_3 .
- Se capta en un matraz Erlenmeyer la solución del NH_3 en solución de ácido bórico (H_3BO_3).

Titulación:

- Valoración con ácido clorhídrico 0.1 N usando indicador de rojo de metilo.
- Cálculo mediante ecuación:

$$\%Nitrógeno = \frac{1,4 \cdot (V_1 - V_0) \cdot N}{P} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\%Proteína = \%Nitrógeno \cdot F \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

P = peso en g de la muestra

V_1 = volumen de HCl consumido en la valoración (mL)

V_0 = volumen de HCl consumido en la valoración de un blanco

N = normalidad del HCl

F = Factor de conversión

Los resultados de este método mostraron el porcentaje de nitrógeno presente en las muestras alimentarias analizadas, el cual se convirtió en porcentaje de proteína usando el factor de conversión para el alimento analizado.

Tabla 8. Factor de conversión para la obtención de proteína.

Alimentos	Factor (K)
Arroz integral	6,25
Harina de trigo integral	5,7
Macarrones, espaguetis	5,7
Alubias rojas	6,25
Soja y derivados	5,71
Almendras	5,18
Cacahuates	5,46
Nueces	5,3
Semillas de girasol	5,3
Leche entera	6,38
Queso	6,38
Mantequilla	6,38
Yogur	6,38
Carne de vacuno	6,25
Pechuga de pollo	6,25
Jamón	6,25
Huevo entero	6,25
Pescado	6,25

Fuente: (ITW Reagents, 2025).

- **Extracto etéreo**

Para determinar este parámetro se hizo uso del método de Soxhlet descrito por la norma AOAC 945.16. A continuación, se presenta el procedimiento realizado:

1. Se pesó un balón limpio, seco y frío, anotando en el registro su peso en gramos junto con el número correspondiente.
2. Se elaboró un cartucho con papel filtro, el cual fue pesado antes de añadir entre 3 y 5 gramos de muestra seca.
3. Se colocó el cuerpo del equipo de Soxhlete colocó el cuerpo del equipo Soxhlet en su posición adecuada.
4. Se añadió hexano hasta que una parte del solvente descendió por el sifón hacia el balón y se conectó la fuente de calor, una cocina eléctrica.

5. Al calentarse el hexano a 69 °C, este se evaporó y ascendió hasta la parte superior de la cámara de extracción, donde se condensó mediante un sistema de refrigeración con agua. El líquido condensado cayó sobre la muestra y regresó al balón a través del sifón, arrastrando la grasa durante aproximadamente tres horas.
6. Se retiró el cartucho con la muestra desengrasada, y el balón fue extraído del aparato cuando contenía poco hexano.
7. Se evaporó el hexano remanente colocando el balón en una estufa a 100 °C.
8. Se sacó el balón de la estufa y se colocó en un desecador para su enfriamiento.
9. Se pesó el balón que contenía la grasa extraída.

El resultado se expresa en porcentaje, calculando según la fórmula:

$$\%Grasa = \frac{P_1 - P_2}{m} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P_1 = Peso del balón más muestra grasa.

P_2 = Peso del balón vacío.

m = Peso de la muestra.

- **Cenizas**

Para la determinación del contenido de cenizas, se empleó el método de incineración descrito por la norma AOAC 923.03. A continuación, se describe el procedimiento detallado:

1. Se colocó un crisol limpio en una estufa a una temperatura de 100 °C durante una hora.
2. Se retiró y se enfrió en un desecador, para luego pesarlo, manejándolo siempre con pinzas metálicas o guantes con el fin de evitar la contaminación por grasa de las manos.
3. Se pesó entre 1,5 y 2 gramos de la muestra y se deposita en el crisol de porcelana.
4. El crisol con la muestra se introdujo en una mufla, donde se sometió a una temperatura constante de 550 °C durante un período de entre 3 y 5 horas.

5. Una vez transcurrido este tiempo de incineración, se extrajo el crisol de la mufla cuando la temperatura haya descendido a 100 °C y se volvió a colocar en un desecador para su enfriamiento.
6. Se procedió a pesar nuevamente el crisol ahora con las cenizas obtenidas.

Una vez realizado el procedimiento, se procedió a calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_M} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

W_1 = Peso de crisol más muestra (g).

W_2 = Peso crisol (g).

W_M = Peso de la muestra (g).

- **Fibra cruda**

El contenido de fibra cruda de un alimento se determinó mediante un proceso de digestión ácida y alcalina, seguido de un lavado y secado, que permitió separar la fibra insoluble. El procedimiento estandarizado por la Norma AOAC 962.09, referente a la determinación de fibra cruda, se despliega a través de las siguientes etapas:

1. Se taró los crisoles previamente limpios, se seca en la estufa a 105 °C por un lapso de 60 minutos, hasta alcanzar una masa constante.
2. Se procedió al pesaje en una balanza analítica, de una alícuota de 1 a 2 gramos de la muestra, la cual debe estar seca y previamente desengrasada.
3. La muestra se transfirió a un matraz de 1 litro. Seguidamente, se le adicionó 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25%; solución que debe haber sido precalentada hasta su punto de ebullición.
4. Se utilizó un agente antiespumante para evitar la formación de espuma durante el proceso.
5. La mezcla se sometió a ebullición bajo un condensador de reflujo durante un periodo de 30 minutos, asegurándose de rotar el matraz periódicamente. Esto es crucial para prevenir la adhesión de partículas a las paredes del recipiente.
6. Se procedió a filtrar la muestra, empleando para ello un embudo de Buchner o Hartley, junto con papel de filtro humedecido.
7. La muestra se lavó con agua caliente para arrastrar los componentes solubles hacia el matraz. Posteriormente, se incorporaron 200 mL de hidróxido de sodio

al 1,25%; la mezcla se calienta a ebullición por otros 30 minutos. Tras este período, se realiza una segunda filtración.

8. El material insoluble remanente se transfirió a un crisol. Dicho material se lavó de forma sucesiva con agua hirviendo, ácido clorhídrico al 1% y finalmente, con agua destilada hasta garantizar la eliminación completa de cualquier residuo ácido.
9. Se realizó dos lavados con etanol y tres lavados con acetona con el fin de purificar aún más la fibra.
10. La fibra cruda obtenida se desecó en el crisol dentro de una estufa a 100 °C, hasta que su peso se mantenga constante.
11. La fibra cruda contenida en el crisol se incineró en una mufla a una temperatura de 550 °C, durante una hora.
12. Una vez incinerada, el crisol con la fibra cruda se enfrió en un desecador para proceder a su pesaje.
13. El contenido de fibra cruda se determina con la siguiente fórmula:

$$\%FC = \frac{(W_2 - W_3) - (B_2 - B_3)}{W_1} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

% FC = Porcentaje de fibra cruda en la muestra.

W_1 = Peso de la muestra original (g) utilizada para el análisis.

W_2 = Peso del crisol con el residuo después del secado.

W_3 = Peso del crisol con la ceniza (materia inorgánica) después de la incineración.

B_2 y B_3 = Pesos promedio de todos los blancos después del horno y la incineración.

• **Determinación de carbohidratos totales**

El contenido de carbohidratos en un alimento se determina por diferencia, restando de 100% los porcentajes de agua, proteína, grasa y fibra cruda en la muestra. El método propuesto por la norma AOAC 985.25 (2014) detalla el siguiente procedimiento:

1. Determinación de humedad, proteína, grasa y fibra cruda:
Realizar los procedimientos correspondientes para determinar el contenido de humedad, proteína, grasa y fibra cruda de la muestra (detallados por separado en la tesis).
2. Cálculo de carbohidratos:

$$\%C = 100\% - (\%H + \%P + \%G + \%F)$$

Ecuación 7

Donde:

%H = Porcentaje de humedad

%P = Porcentaje de proteína

%G = Porcentaje de grasa

%F = Porcentaje de fibra

% C = Porcentaje de carbohidratos

- **Contenido de almidón**

Para determinar el almidón contenido en las muestras, se hizo uso del método descrito en el artículo de Lage et al. (1983). Esta conta en:

1. Se pesó 0,1 gramos de la muestra y se taró con 10 mL de ácido perclórico al 52%; mezclando y dejando en reposo por 10 minutos.
2. Se enrazó la muestra con agua destilada a 100 mL.
3. Se preparó cuatro matraces volumétricos de 50 mL, cada uno con 2,5 mL de ácido perclórico al 52%. A estos se añadieron respectivamente 1 mL, 1,5 mL, 2 mL y 2,5 mL de la solución de almidón; completándose el volumen con agua destilada hasta la marca correspondiente.
4. Se tomó 10 mL de cada matraz y se incorporaron 0,5 mL de la solución yodo-yodurada, dejando que la mezcla repose durante diez minutos en completa oscuridad.
5. Una vez transcurrido el tiempo establecido se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro, empleando como referencia un blanco, y registrando tanto el valor máximo como el correspondiente a una longitud de onda de 600 nm.

- **Acidez**

Para determinar la acidez titulable en muestras de harinas de origen vegetal se hizo uso del método que describe la NTE INEN 521:2013. Para realizar este análisis se realizó lo siguiente:

1. Se pesó 5 g de muestra, colocándola en un matraz Erlenmeyer de 100 cm³.
2. Se colocó en la muestra 50 cm³ de alcohol al 90% (V/V) neutralizado, se tapó y se agitó fuerte.
3. Se dejó reposar por 24 horas, agitando de vez en cuando.

4. Se tomó 10 cm³ del líquido sobrenadante, colocándolo en un matraz Erlenmeyer de 50 cm³.
5. Se procedió a agregar a la muestra 2 cm³ de fenolftaleína y titular con la solución de hidróxido de sodio a 0,02 N (valorada).
6. Se agregó lentamente la solución hasta obtener un color rosado claro que persista hasta 30 segundos.
7. Una vez obtenido el volumen consumido se procedió hacer los cálculos con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{490 \cdot N \cdot V}{m(100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

A = Contenido de acidez en porcentaje de masa de ácido sulfúrico.

N = Normalidad de la solución de NaOH.

V = Volumen consumido de NaOH en la titulación en cm.

V₁ = Volumen de alcohol empleado (cm³)

V₂ = Volumen de la muestra tomada (cm³)

m = Peso de la muestra (g)

H = Contenido de humedad (%)

4.4.2.2. Caracterización funcional

En este estudio para realizar la determinación de estas propiedades funcionales se usó el equipo Mixolab 2 de Chopin, ya que evalúa el comportamiento de las masas en condiciones que simulan procesos reales de amasado, calentamiento y enfriado (Dapčević et al., 2011).

De acuerdo con Chopin Technologies (2012), cuyo manual corresponde al propio del equipo, se disponen protocolos específicos dependiendo del tipo de grano. En este caso se utilizó el protocolo Chopin+ (indicado para el amaranto), ya que este es el ingrediente que se usa en mayor proporción. Una vez seleccionado el protocolo el equipo de forma automática da la cantidad que necesita de muestra, así como también de manera independiente suministra la cantidad de agua correspondiente. Hay que tener en cuenta que se debe hacer algunas pruebas con la humedad y la absorción de agua hasta que en el análisis el para C1 se encuentre en rango de 1.1.

Mediante este procedimiento este equipo permite determina la absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad, inicio de gelatinización, pico de gelatinización, estabilidad térmica y retrogradación.

4.4.2.3. Análisis reológico

Para determinar las propiedades reológicas, se utilizó el equipo Reómetro MCR 302 de Anton Paar. Este equipo de alta precisión permite analizar el comportamiento reológico de matrices como masas, pastas y en suspensiones bajo condiciones controladas. El reómetro equipado con un accesorio como la celda de pasteado se convierte en un equipo específico para simular el proceso térmico de masas harinosas (Anton Paar, 2023).

El protocolo propio del equipo HandBook Anton Paar, indica la preparación de la muestra, se debe tomar 3 gramos d mezcla seca y añadirle 25 mililitros de agua destilada. Una vez realizado estos pasos se procedió a ubicar la muestra en el reómetro previamente equipado con la celda de pasteado y se dejó seguir el proceso durante el tiempo de 25 minutos; tiempo necesario para que el equipo realice el análisis.

Los parámetros que arroja el equipo después del análisis son: Tiempo máximo del pico, temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final. De acuerdo con Putri et al. (2022), los parámetros más importantes que analiza en Reómetro son:

- Tiempo máximo del pico: Es el tiempo que necesitó para alcanzar la viscosidad máxima durante la etapa del calentamiento.
- Temperatura de empaste: Este parámetro indica el inicio de la gelatinización y es la temperatura en la que la viscosidad se eleva de forma breve.
- Fuerza de retención: Determina la estabilidad térmica que tiene el gel formado y se refleja mediante la viscosidad.
- Pérdida de viscosidad: Se calcula como la diferencia entre la viscosidad máxima y la fuerza de retención; representa la baja de la viscosidad tras haber alcanzado el pico más alto.
- Viscosidad final: Parámetro que indica la firmeza final del gel y la retrogradación del almidón.

4.4.2.4. Análisis microbiológico

Las muestras de la harina fueron sometidas a análisis microbiológicos de *Aerobios mesófilos*, *E. coli*, *Coliformes*, *Salmonella*, mohos y levaduras; haciendo uso de los métodos que describen las normas AOAC. Para esto se realizó los siguientes pasos descritos:

Preparación de la muestra

1. En un ambiente lo más aséptico se pesó la muestra representativa de cada tratamiento 10 ± 0.1 g (manteniendo la relación 1:10 con el diluyente), la cual se transfirió al Stomacher en una bolsa estéril.
2. Se agregó 90 ml de diluyente (agua peptona). Esta dilución representa 10^{-1} .
3. En el equipo Stomacher, se homogenizó la muestra durante 30 segundos a velocidad media, este paso se lo realizó dos veces.
4. Posteriormente se procedió a sembrar. La siembra en este caso se hizo por triplicado y al ser una muestra desconocida se realizó diluciones hasta 10^{-6} .

Procedimiento

1. Se procedió a rotular las placas Petrifilm identificando el número de muestra y la dilución. Traslado las placas Petrifilm y la muestra a la cabina de flujo laminar para mantener un ambiente aséptico.
2. Posteriormente se realizó la siembra, se inoculó 1 mL de muestra en el centro de la placa evitando la formación de burbujas de aire.
3. Se hizo uso de un dispensador para distribuir uniformemente la muestra y tamaño correspondiente para cada placa. Se sacó el dispensador y se esperó un minuto para que el gel se solidifique.
4. Para incubar se puso las placas en forma horizontal y en pilas (se permite apilar hasta 20 placas).
5. Se procedió a poner en las incubadoras la temperatura adecuada para el crecimiento óptimo de microorganismo.
6. Una vez culminado el tiempo de incubación para cada MO se procedió a realizar el conteo de acuerdo con las especificaciones de cada uno, para lo cual se hizo uso del contador de colonias.

Para la incubación de *Aerobios mesófilos*, se utilizó el método oficial AOAC 990.12; especifica que la condición óptima para el crecimiento de este microorganismo es

de 35 ± 1 °C, durante un periodo de 48 ± 3 h. Además, para el conteo de colonias se tomó en cuenta todas aquellas de color rojo y de borde regular.

Para la incubación de *E. coli* y *Coliformes* se utilizó el método oficial AOAC 991.14; especifica que las condiciones óptimas para el crecimiento de estos microorganismos son 35 ± 1 °C durante 48 ± 4 h y 35 ± 1 °C durante 24 ± 1 h. Para el conteo de colonias de *E. coli* confirmadas se tomó en cuenta todas aquellas de color azul o rojas azuladas que estén con gas atrapado, sin tener en cuenta el tamaño o la intensidad de color. Sin embargo, para el conteo de colonias de *Coliformes* confirmadas se tomó en cuenta todas aquellas de color rojo que estén con gas atrapado.

Por otro lado, para la incubación de *Salmonella* se utilizó el método oficial AOAC 2014.01; especifica que la condición óptima para el crecimiento de este microorganismo es 41 ± 1 °C durante un periodo de 4-5 h. El conteo de colonias de *Salmonella* presuntiva se tomó en cuenta las de color rojo acompañadas de un halo amarillo o asociadas a burbujas de gas.

Finalmente, para la incubación de *mohos* y *levaduras* se utilizó el método oficial AOAC 997.02; especifica que la condición óptima para el crecimiento de este microorganismo es 21 °C y 25 °C durante un periodo de 5 días. El conteo de colonias de *mohos* se tomó en cuenta todas las machas independientemente del color. En cambio, para el conteo de colonias de *levaduras* se tomó en cuenta todos los puntos de color azul.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para estas pruebas, se ha decidido implementar un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos: Un testigo (harina de amaranto) y cuatro mezclas de harina de amaranto con chocho en diferentes proporciones (T_1 , T_2 , T_3 y T_4). Este diseño permitirá evaluar el efecto de la sustitución del pseudocereal sobre las características funcionales, fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de las harinas.

Se emplearán las pruebas ANOVA y Kruskal-Wallis como métodos estadísticos para comparar tres o más grupos. ANOVA es una prueba paramétrica que compara las medias cuando los datos presentan distribución normal y varianzas homogéneas, mientras que Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica que compara medianas cuando no se cumplen estos supuestos o los datos son ordinales. Previo a la aplicación de estas pruebas, se evaluarán los supuestos de normalidad y homogeneidad de

varianzas mediante la prueba de Shapiro-Wilk (para muestras pequeñas, $n \leq 50$) y la prueba de Levene, respectivamente. Cuando alguna de estas pruebas detecte diferencias significativas, se aplicarán pruebas post-hoc para identificar específicamente qué grupos difieren: Tukey HSD se usará tras ANOVA para comparar todas las parejas de grupos controlando el error tipo I y Dunn se empleará después de Kruskal-Wallis como su equivalente no paramétrico que compara rangos entre grupos. El procedimiento general consiste en evaluar los supuestos para seleccionar la prueba adecuada, realizarla para detectar diferencias generales y en caso de significancia, aplicar la prueba post-hoc correspondiente para determinar las diferencias específicas entre las mezclas de harinas en cuanto a sus características funcionales, fisicoquímicas y microbiológicas con 95% de nivel de confianza.

3.5.1. Herramienta de análisis

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software RStudio ya que proporciona las herramientas necesarias para ejecutar las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene, Kruskal-Wallis y las pruebas post-hoc "Dunn y Tukey HSD" (análisis estadísticos que se realizan después de obtener un resultado significativo en un análisis de varianza (ANOVA) para identificar específicamente entre qué grupos existen diferencias significativas) y la generación de gráficos estadísticos.

3.5.2. Esquema del experimento

Para el presente estudio, se evaluaron cinco tratamientos correspondientes a un testigo puro y cuatro mezclas de harinas en diferentes proporciones. Cada tratamiento se replicó 3 veces, totalizando 15 unidades experimentales. A continuación, en la tabla se presentan los tratamientos utilizados:

Tabla 9. Tratamientos, descripción y número de repeticiones de las harinas.

Tratamiento	Descripción	Repeticiones
T ₀	100% harina de amaranto	3
T ₁	90% harina de amaranto y 10% harina de chocho	3
T ₂	80% harina de amaranto y 20% harina de chocho	3
T ₃	70% harina de amaranto y 30% harina de chocho	3
T ₄	60% harina de amaranto y 40% harina de chocho	3

El DCA busca determinar el efecto de la mezcla de harina de amaranto con chocho sobre las características funcionales, fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de las harinas. La estructura del experimento permite comparar tanto el tratamiento testigo como las mezclas, con el fin de identificar el tratamiento óptimo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados fisicoquímicos

- Acidez

En la tabla 10 se puede denotar el valor de p, que es menor a 0,05. El cual, demuestra que los tratamientos no siguen una distribución normal, se acepta la hipótesis nula y se establece que los datos no son paramétricos. En este caso ya no hace falta desarrollar la prueba de homocedasticidad.

Tabla 10. Prueba de Shapiro-Wilk para acidez.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,56	$1,14 \times 10^{-5}$

Como los datos resultaron no son paramétricos se realizó una Prueba de Kruskal Wallis, obteniéndose un valor de p de 0,348 como se muestra en la tabla 11 que es superior a 0,05 por lo que se puede indicar que no hay diferencias significativas en los tratamientos en cuanto a esta variable. Por lo que ya no es necesario hacer un post hoc como la prueba de Dunn.

Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para acidez.

Prueba	Chi cuadrado	df	Valor-p
Kruskal-Wallis	4,45	4	0,35

En la figura 8 se muestra el diagrama de caja y bigote; no hay diferencias significativas ($p > 0,05$).

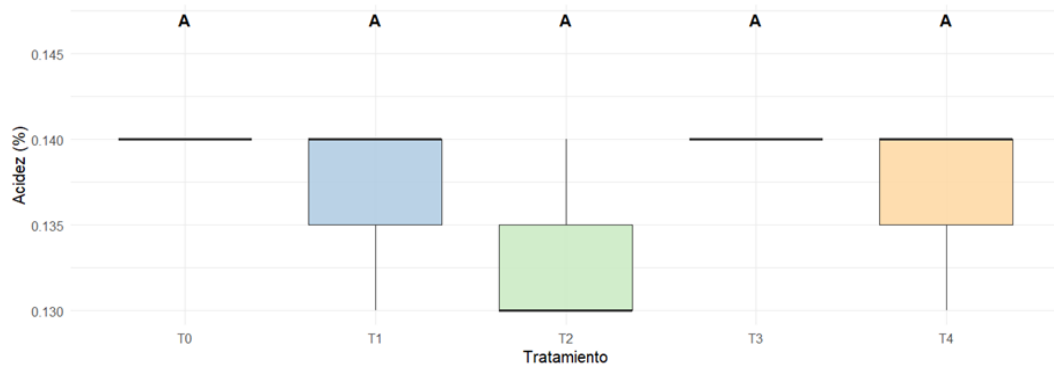


Figura 8. Diagrama caja y bigote para acidez.

- Almidón

Como se observa en la Tabla 12, el valor de p es mayor a 0,05. Esto indica que se rechaza la hipótesis nula, lo que permite concluir que los datos cumplen con el supuesto de normalidad.

Tabla 12. Prueba de Shapiro-Wilk para almidón.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,93	0,23

Con un valor de p superior a 0,05 como se muestra en la tabla 13 se niega la hipótesis nula y se establece que los datos cumplen con el parámetro de homocedasticidad, con lo que ahora se puede concluir que los datos para esta variable son paramétricos.

Tabla 13. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de almidón.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	1,84	4	10	0,20

Con un valor de p muy inferior a 0,05 como se muestra en la tabla 14 de la prueba de ANOVA, se puede asegurar que existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de almidón entre al menos dos de las harinas.

Tabla 14. Prueba de ANOVA para almidón.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	5115	1278,7	24,02	4,21x10 ⁻⁵
Residual	10	532	53,2		

Los resultados de la prueba Post hoc–Tukey se muestran en la tabla 15. Se observa que los tratamientos T₀ y T₁ produjeron harinas con un contenido de almidón significativamente mayor que los tratamientos T₂, T₃ y T₄. Esto sugiere que los primeros dos tratamientos son más efectivos para preservar o concentrar el almidón en las harinas.

Tabla 15. Prueba de Post hoc-Tukey para almidón.

Tratamiento	Almidón	Grupo
T ₀	17,34	a
T ₁	16,08	a
T ₂	14,10	b
T ₃	13,10	b
T ₄	12,40	b

Con la comparación de los tratamientos, se obtiene la figura 9 donde se muestra un diagrama de caja y bigote. Muestra que hay diferencias significativas y esto está denotado por diferentes letras por grupos (Tukey HSD, p<0,05).

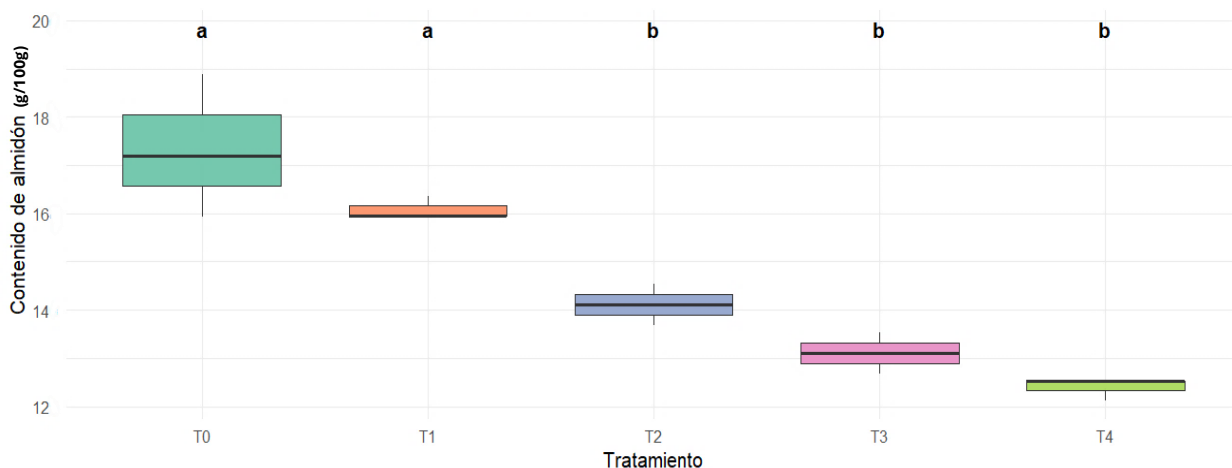


Figura 9. Diagrama de caja y bigote para almidón.

- Carbohidratos

Como se observa en la Tabla 16, el valor de p es superior a 0,05 se niega la hipótesis nula y se establece que los datos cumplen con el parámetro de normalidad.

Tabla 16. Prueba de Shapiro-Wilk para carbohidratos.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,88	$5,28 \times 10^{-2}$

Con un valor de p superior a 0,05 como se muestra en la tabla 17 se niega la hipótesis nula y se establece que los datos cumplen con el parámetro de homocedasticidad, con lo que ahora se puede concluir que los datos para esta variable son paramétricos.

Tabla 17. Prueba Levene para la homogeneidad de varianza de carbohidratos.

Prueba	Estadístico	df1	df2	Valor-p
Levene	1,84	4	10	0,20

Con un valor de p muy inferior a 0,05 como se muestra en la tabla 18 de la prueba de ANOVA, se puede asegurar que existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de almidón entre al menos dos de las harinas.

Tabla 18. Prueba de ANOVA para carbohidratos.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	1031	257,7		
Residual	10	0	0	57527	2×10^{-16}

Los resultados de la prueba Post hoc-Tukey se muestran en la tabla 19. Se observa que existe una disminución progresiva y significativa del contenido de carbohidratos.

Tabla 19. Prueba de Post hoc-Tukey para carbohidratos.

Tratamiento	Carbohidratos	Grupo
T ₀	68,91	a
T ₁	61,05	b
T ₂	53,44	c
T ₃	49,99	d
T ₄	45,55	e

Con la comparación de los tratamientos, se obtiene la figura 10 donde se muestra un diagrama de caja y bigote. Muestra que hay diferencias significativas y esto está denotado por diferentes letras por grupos (Tukey HSD, $p < 0,05$).

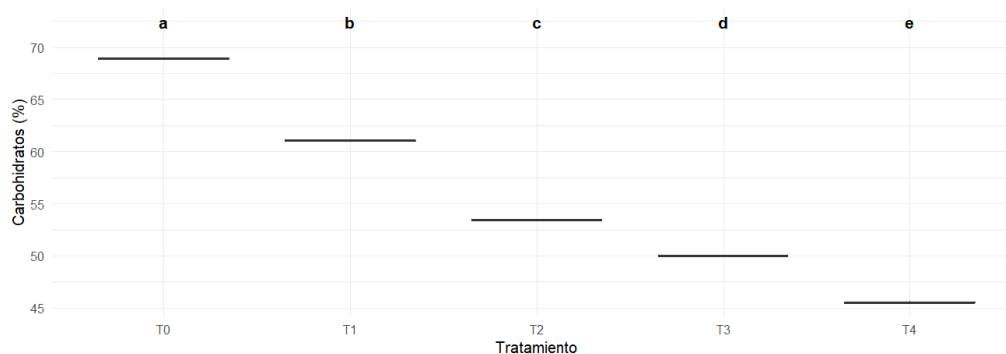


Figura 10. Diagrama de caja y bigote para carbohidratos.

- Cenizas

En la tabla 20 se puede denotar el valor de p , es inferior a 0,05. Por esto, se acepta la hipótesis nula y se establece que los datos no son paramétricos. En este caso ya no hace falta desarrollar la prueba de homocedasticidad.

Tabla 20. Prueba de Shapiro-Wilk para cenizas.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,80	$3,7 \times 10^{-3}$

Como los datos resultaron que no son paramétricos se llevo a cabo la Prueba de Kruskal Wallis, obteniéndose que el valor de p es inferior a 0,05 como se muestra en la tabla 21. Con esto se puede concluir que al menos dos tratamientos tienen contenidos de cenizas estadísticamente diferentes.

Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis para cenizas.

Prueba	Chi cuadrado	df	Valor-p
Kruskal-Wallis	13,55	4	$8,89 \times 10^{-3}$

Para encontrar las diferencias específicas se debe llevar a cabo el post hoc de Dunn, dando como resultado los datos mostrados en la tabla 22. Solo los tratamientos

extremos (T₀ y T₄) son estadísticamente diferentes en contenido de cenizas. Los tratamientos intermedios (T₁, T₂, T₃) forman un grupo homogéneo.

Tabla 22. Prueba de Dunn para cenizas.

Comparación	Z	P. unadj	P.adj
T ₀ - T ₁	0,82	0,41	1,00
T ₀ - T ₂	1,65	0,10	1,00
T ₁ - T ₂	0,82	0,41	1,00
T ₀ - T ₃	2,47	0,01	0,14
T ₁ - T ₃	1,65	0,10	1,00
T ₂ - T ₄	0,82	0,41	1,00
T ₀ - T ₄	3,29	0,00	0,01
T ₁ - T ₄	2,47	0,01	0,14
T ₂ - T ₄	1,65	0,10	1,00
T ₃ -T ₄	0,82	0,41	1,00

En la figura 11 se puede observar el diagrama de caja y bigote; las letras indican diferencias estadísticas (Dunn post hoc, $p < 0,05$).

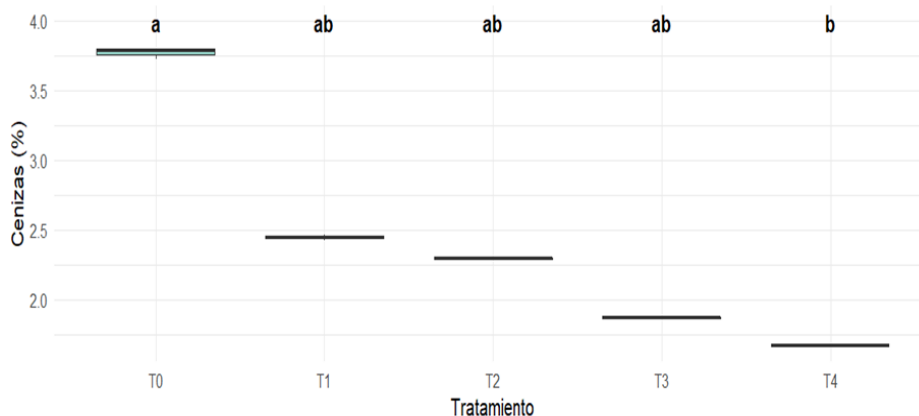


Figura 11. Diagrama de caja y bigote para cenizas.

- Extracto etéreo

Como se muestra en las tablas 23 y 24 los valores de p fueron superiores a 0,05 confirmando que los datos son paramétricos; cumpliendo con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se prosiguió a aplicar ANOVA, el cual reveló diferencias significativas entre los tratamientos porque su p valor como muestra en la tabla 25 es menor al referente.

Tabla 23. Prueba de Shapiro-Wilk para extracto etéreo.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,90	0,08

Tabla 24. Prueba de Levene para extracto etéreo.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	0,39	4	10	0,81

Tabla 25. Prueba de ANOVA para extracto etéreo.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	2,96	0,74	463,9	2,64x10 ⁻¹¹
Residual	10	0,02	1,6x10 ⁻³		

Los resultados de la prueba Tukey que se muestran en la tabla 26 muestran que los tratamientos presentan diferencias entre sí, donde cada uno forma un grupo homogéneo distinto. El tratamiento T4 presentó el mayor contenido de extracto etéreo y T0 registró el valor más bajo en contenido de grasa. Esta disminución progresiva y significativa entre tratamientos sugiere que T0 es el más efectivo para preservar los lípidos, mientras que T4 tiene el menor rendimiento.

Tabla 26. Prueba de Post hoc-Tukey para extracto etéreo.

Tratamiento	Extracto etéreo	Grupo
T ₄	8,56	a
T ₃	8,30	b
T ₂	8,18	c
T ₁	7,71	d
T ₀	7,32	e

Con la comparación de los tratamientos, se obtiene la figura 12 donde se muestra un diagrama de caja y bigote. Muestra que hay diferencias significativas y esto está denotado por diferentes letras por grupos (Tukey HSD, p<0,05).

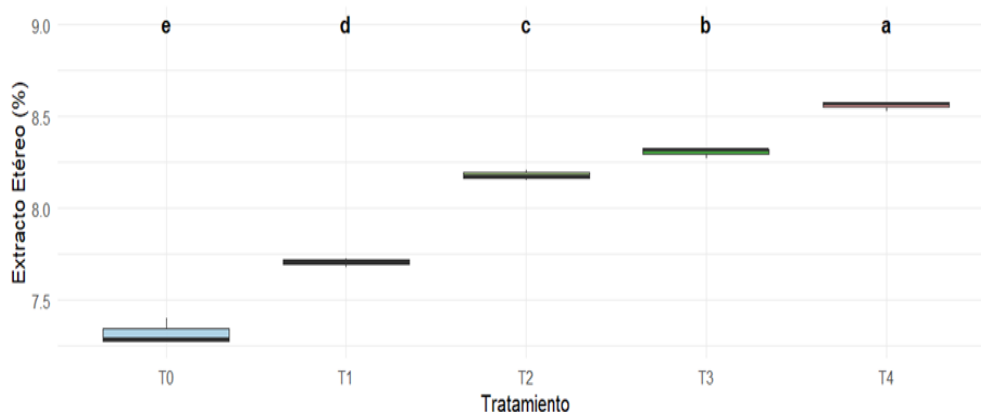


Figura 12. Diagrama de caja y bigote para extracto etéreo.

- Fibra

Los datos de fibra cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad porque sus p valores son mayores al referente como se muestra en las tablas 27 y 28 respectivamente; con esto se valida el uso de ANOVA, el cual mostró diferencias significativas entre tratamientos por su p valor menor a 0,05 (tabla 29). En la tabla 30 la prueba Tukey reveló que el tratamiento T₀ presentó el mayor contenido de fibra,

formando un grupo homogéneo significativamente diferente a T₄, mientras que los tratamientos intermedios (T₁- T₃) no mostraron diferencias entre sí. Este patrón sugiere un efecto gradual del tratamiento sobre el contenido de fibra, donde T₀ demostró ser el más efectivo.

Tabla 27. Prueba de Shapiro-Wilk para fibra.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,95	0,505

Tabla 28. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de fibra.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	0,28	4	10	0,88

Tabla 29. Prueba de ANOVA para fibra.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	65,62	16,41	44,33	2,49x10 ⁻⁶
Residual	10	3,70	0,37		

Tabla 30. Prueba de Post hoc-Tukey para fibra.

Tratamiento	Fibra	Grupo
T ₄	17,28	a
T ₃	15,80	b
T ₂	14,32	c
T ₁	12,84	d
T ₀	11,36	e

En la figura 13 se muestra un diagrama de caja y bigote, muestra que hay diferencias significativas; denotado por diferentes letras por grupos (Tukey HSD, p<0,05).

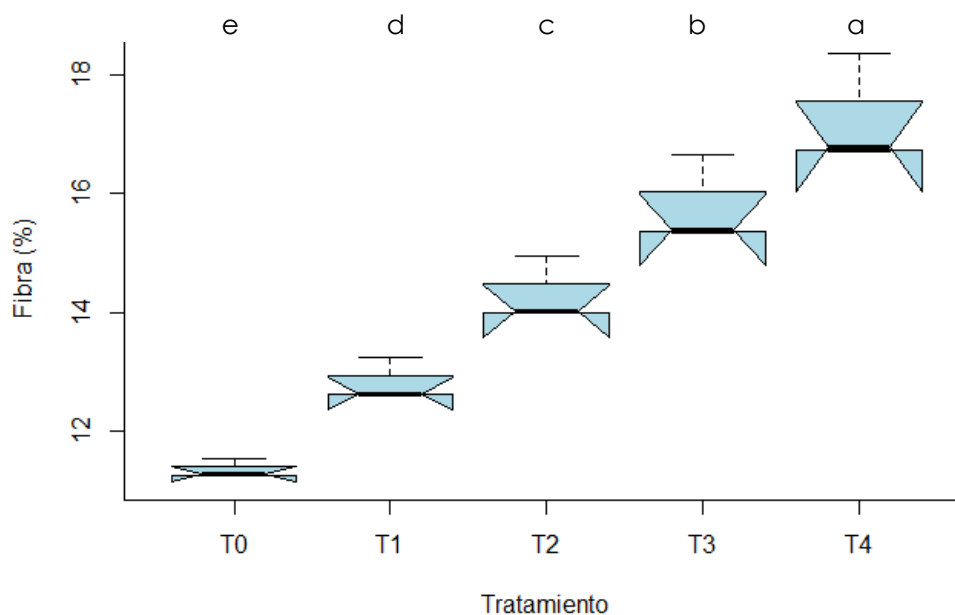


Figura 13. Diagrama de caja y bigote para fibra.

- Humedad

Como se muestran en las tablas 31 y 32, los datos de humedad cumplieron con los supuestos paramétricos (normalidad y homocedasticidad) porque sus p valores son mayores a 0,05; permitiendo realizar un ANOVA que mostró diferencias significativas entre tratamientos por su p valor menor al referente como se muestra en la tabla 33. La prueba post hoc de Tukey que se denota en la tabla 34 reveló que el tratamiento testigo presentó significativamente la menor humedad, formando un grupo homogéneo distinto a T₄; mientras que los tratamientos intermedios T₁- T₃ mostraron valores intermedios sin diferencias estadísticas entre ellos.

Tabla 31. Prueba de Shapiro-Wilk para humedad.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,90	0,10

Tabla 32. Prueba de Levene para humedad.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	0,79	4	10	0,56

Tabla 33. Prueba de ANOVA para humedad.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	6,23	1,5581	8059	2x10 ⁻¹⁶
Residual	10	2x10 ⁻³	2x10 ⁻⁴		

Tabla 34. Prueba de Post hoc-Tukey para humedad.

Tratamiento	Humedad	Grupo
T ₄	4,88	a
T ₃	4,49	b
T ₂	4,14	c
T ₁	3,60	d
T ₀	3,06	e

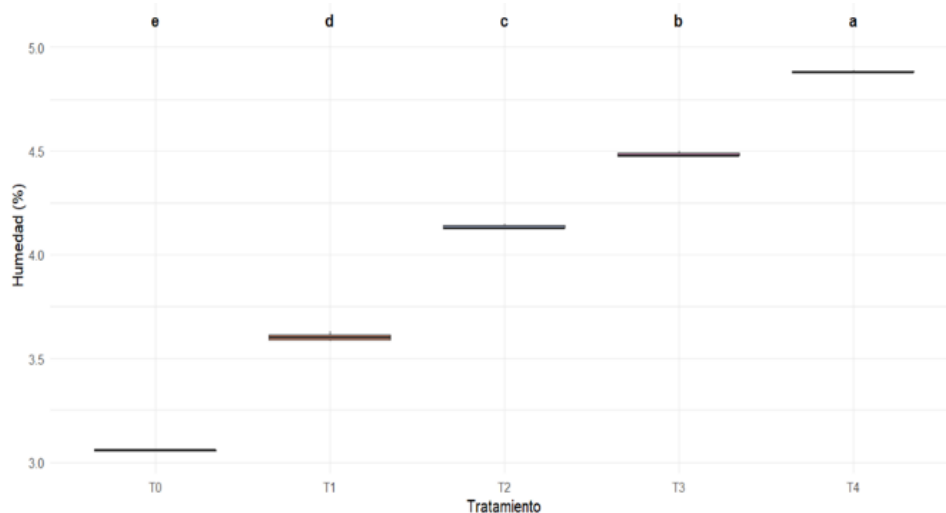


Figura 14. Diagrama de caja y bigote para humedad.

En la figura 14 presentada anteriormente se muestra un diagrama de caja y bigote, el cual muestra que hay diferencias significativas; denotado por diferentes letras por grupos (Tukey HSD, $p < 0,05$).

- Proteína

Como se muestran en las tablas 35 y 36, los datos de humedad cumplieron con los supuestos paramétricos (normalidad y homocedasticidad) porque sus p valores son mayores a 0,05; permitiendo realizar un ANOVA que mostró diferencias significativas entre tratamientos por su p valor menor al referente como se muestra en la tabla 37.

Tabla 35. Prueba de Shapiro-Wilk para proteína.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,88	$5,23 \times 10^{-2}$

Tabla 36. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de proteína.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	0,71	4	10	0,61

Tabla 37. Prueba de ANOVA para proteína.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	921,9	230,5	223041	2×10^{-16}
Residual	10	0,0	0,0		

Como se muestra en la tabla 38, los resultados muestran diferencias significativas en el contenido proteico entre todos los tratamientos; cada uno forma un grupo homogéneo independiente.

El tratamiento T₄ presentó el mayor contenido de proteína, mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos. Se observó una reducción progresiva y significativa del contenido proteico desde T₃, T₂, T₁ hasta T₀, que registró el valor más bajo. Esto indica que cada tratamiento afectó distintamente el contenido proteico, siendo T₄ el más efectivo para conservar o concentrar las proteínas.

Tabla 38. Prueba de Post hoc-Tukey para proteína.

Tratamiento	Proteína	Grupo
T ₄	34,64	a
T ₃	30,40	b
T ₂	26,97	c
T ₁	19,91	d
T ₀	12,53	e

En la figura 15 se muestra un diagrama de caja y bigote, el cual muestra que hay diferencias significativas; denotado por diferentes letras (Tukey HSD, $p < 0,05$).

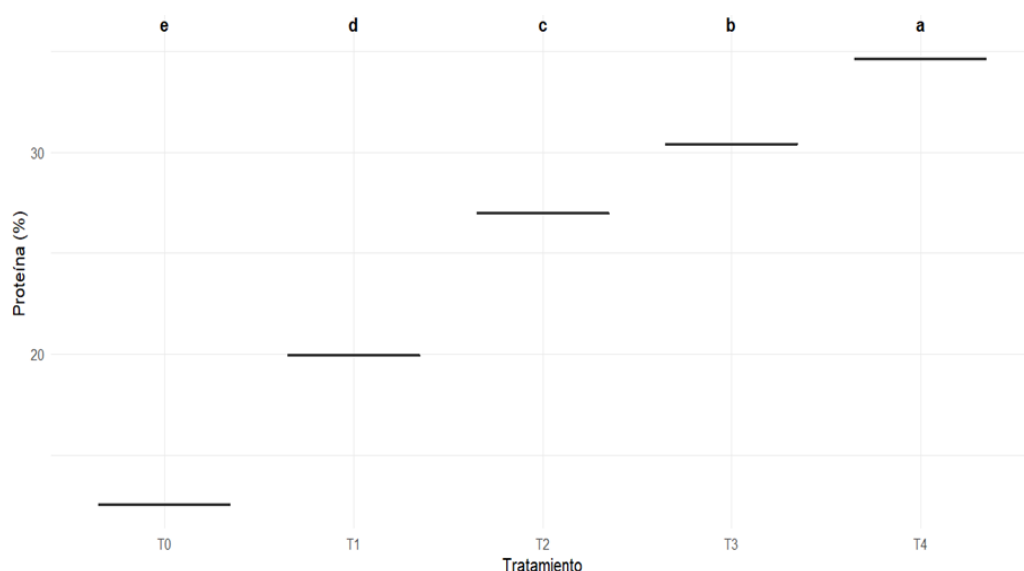


Figura 15. Diagrama de caja y bigote para proteína.

4.1.2. Resultados microbiológicos

En la tabla 39 se pueden observar los resultados microbiológicos realizados en las muestras de harina. Todos los tratamientos, cumplen con los estándares de la norma NTE INEN 616:2006, mostrando recuentos de *Aerobios mesófilos* que se encuentran por debajo del límite que nos pide la norma, con una ligera disminución no significativa desde T₀ hasta T₄.

Además, no se detectaron *Coliformes*, *E. coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras en ninguna muestra, lo que confirma la inocuidad microbiológica del producto; refleja excelentes condiciones de procesamiento y manipulación. Estos resultados demuestran que todos los tratamientos mantienen consistentemente la calidad microbiológica requerida, sin diferencias relevantes entre ellos, garantizando la seguridad alimentaria de la harina de amaranto con chocho para consumo humano.

Tabla 39. Resultados microbiológicos de las muestras de harina de amaranto con chocho.

Requisitos	Resultados (UFC/g)					Recuento		Norma
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Unidad	Máximo	
<i>Aerobios mesófilos</i>	1100	1092	1086	1078	1076	UFC/g	1x10 ⁵	NTE INEN 616:2006
<i>Coliformes</i>	-	-	-	-	-	UFC/g	1x10 ²	
<i>E. coli</i>	-	-	-	-	-	UFC/g	-	
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	UFC/25g	-	
Mohos y levaduras	-	-	-	-	-	UFC/g	5x10 ²	

4.1.3. Resultados funcionales

- Absorción de agua

Los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, p valores que están representados en las tablas 40 y 41 respectivamente; permitiendo aplicar un ANOVA que reveló diferencias significativas entre tratamientos que se muestran en la tabla 42.

Tabla 40. Prueba de Shapiro-Wilk para absorción de agua.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,93	0,24

Tabla 41. Prueba Levene para absorción de agua.

Prueba	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	1,33	4	10	0,32

Tabla 42. Prueba de ANOVA para absorción de agua.

Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Tratamiento	4	0,54	0,13		
Residual	10	$1,02 \times 10^{-2}$	$1,02 \times 10^{-3}$	132	$1,31 \times 10^{-8}$

Los resultados presentados en la tabla 43 revelan diferencias significativas en la capacidad de absorción de agua entre los tratamientos, formando cuatro grupos homogéneos distintos. El tratamiento T₁ presentó la mayor absorción, mostrando diferencias estadísticas con todos los demás tratamientos. La jerarquización indica que T₁ fue el tratamiento más efectivo para absorción de agua, mientras que T₃ y T₄ mostraron los valores más bajos (teniendo un efecto similar en la reducción de la absorción de agua).

Estos resultados son relevantes para aplicaciones donde la retención de agua es crítica como lo es en la industria galletera, destacando a T₁ como la opción óptima para maximizar esta característica.

Tabla 43. Prueba de Post hoc-Tukey para absorción de agua.

Tratamiento	Absorción de agua	Grupo
T ₀	1,25	a
T ₁	1,08	b
T ₂	0,99	c
T ₄	0,80	d
T ₃	0,73	d

En la figura 16 se muestra un diagrama de caja y bigote, el cual muestra que hay diferencias significativas; denotado por diferentes letras (Tukey HSD, $p < 0,05$).

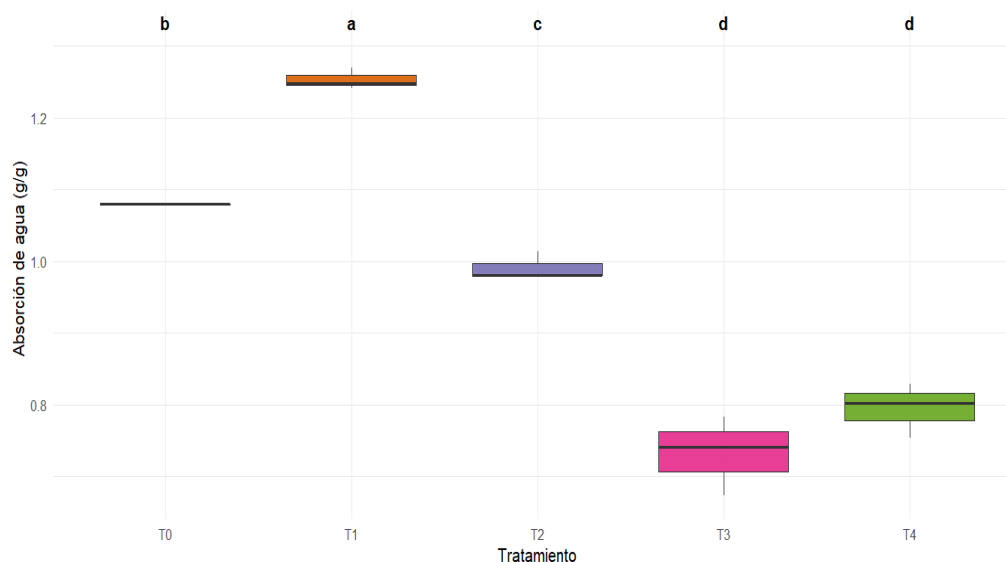


Figura 16. Diagrama de caja y bigote para absorción de agua.

- Capacidad de retención de agua

En la tabla 44 se puede denotar el valor de p, que es inferior a 0,05. El cual, demuestra que los datos no siguen una distribución normal, se establece que los datos no son paramétricos. En este caso ya no hace falta desarrollar la prueba de homocedasticidad.

Tabla 44. Prueba de Shapiro-Wilk para capacidad de retención de agua.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,83	0,01

Como los datos resultaron que no son paramétricos se llevó a cabo la prueba de Kruskal Wallis, obteniéndose que el valor de p es inferior a 0,05 como se muestra en la tabla 45. Con esto se puede concluir que al menos dos tratamientos tienen contenidos de capacidad de retención de agua que son estadísticamente diferentes.

Tabla 45. Prueba de Kruskal-Wallis para capacidad de retención de agua.

Prueba	Chi cuadrado	Df	Valor-p
Kruskal-Wallis	12,83	4	0,01

Para identificar las diferencias entre cada uno de los tratamientos evaluados, es necesario realizar un análisis adicional mediante la prueba post hoc de Dunn. Esta prueba permite comparar de manera detallada los grupos entre sí, resaltando las diferencias presentadas estadísticamente significativas. Los resultados obtenidos a partir de este procedimiento se presentan y describen en la tabla 46.

Tabla 46. Prueba de Dunn para capacidad de retención de agua.

Comparación	Z	P. unadj	P.adj
T ₀ -T ₁	-0,09	0,93	1,00
T ₀ -T ₂	1,19	0,24	1,00
T ₁ -T ₂	1,28	0,20	1,00
T ₀ -T ₃	2,01	0,04	0,45
T ₁ -T ₃	2,10	0,04	0,36
T ₂ -T ₃	0,82	0,41	1,00
T ₀ -T ₄	2,83	5x10 ⁻³	0,05
T ₁ -T ₄	2,92	3x10 ⁻³	0,03
T ₂ -T ₄	1,64	0,10	1,00
T ₃ -T ₄	0,82	0,41	1,00

En la figura 17 se puede observar el diagrama de caja y bigote; las letras indican diferencias estadísticas (Dunn post hoc, $p < 0,05$).

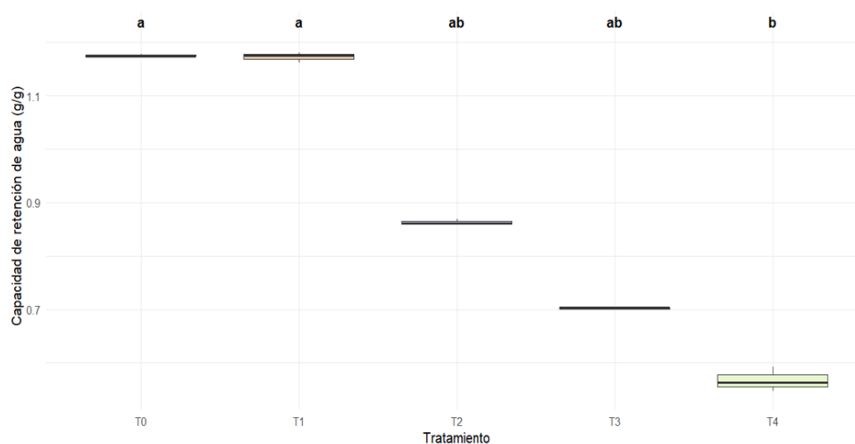


Figura 17. Diagrama de caja y bigote para capacidad de retención de agua.

4.1.4. Resultados reológicos

- Peak time (tiempo máximo del pico)

En la tabla 47 se puede denotar el valor de p es menor que el referente, demostrando que los datos no siguen una distribución normal. Se establece que los datos no son paramétricos. En este caso ya no hace falta desarrollar la prueba de homocedasticidad.

Tabla 47. Prueba de Shapiro-Wilk para tiempo máximo del pico.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk	0,75	0,01

Como los datos resultaron que no son paramétricos se llevó a cabo la Prueba de Kruskal Wallis, obteniéndose que el valor de p de 0,83 es superior a 0,05, como se muestra en la tabla 48. Por lo tanto, se puede concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Tabla 48. Prueba de Kruskal-Wallis para tiempo máximo del pico.

Prueba	Chi cuadrado	Df	Valor-p
Kruskal-Wallis	1,47	4	0,83

En la figura 18 se puede observar el diagrama de caja y bigote; las letras indican que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos (Dunn post hoc, $p < 0,05$).

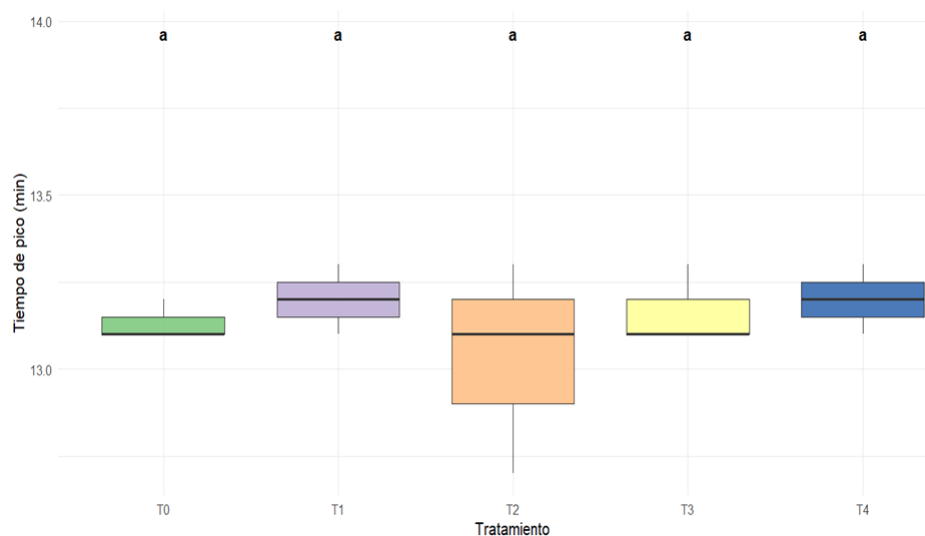


Figura 18. Diagrama de caja y bigote para tiempo máximo del pico.

- Temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final

Los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, p valores que están representados en las tablas 49 y 50 respectivamente; lo que permitió aplicar un ANOVA que reveló diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, excepto en la temperatura de empaste que no presentó diferencias estadísticas, como se muestra en la tabla 51.

Tabla 49. Pruebas de Shapiro-Wilk para temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.

Prueba	Análisis	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk (normalidad)	Temperatura de empaste	0,96	0,70
	Fuerza de retención	0,94	0,38
	Pérdida de viscosidad	0,91	0,15
	Viscosidad final	0,89	0,06

Tabla 50. Prueba de Levene para la homogeneidad de varianza de temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.

Prueba	Análisis	Valor-F	df1	df2	Valor-p
Levene	Temperatura de empaste	0,69	4	10	0,61
	Fuerza de retención	0,67	4	10	0,63
	Pérdida de viscosidad	0,59	4	10	0,68
	Viscosidad final	0,27	4	10	0,89

Tabla 51. Prueba de ANOVA para temperatura de empaste, fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final.

Análisis	Fuente de variación	Df	Sum	Mean	Valor-F	Valor-p
Temperatura de empaste	Tratamiento	4	1,79	0,45	1,29	0,34
	Residual	10	3,46	0,35		
Fuerza de retención	Tratamiento	4	404939	101235	46,76	1,94x10 ⁻⁶
	Residual	10	21652	2165		
Pérdida de viscosidad	Tratamiento	4	641,8	160,46	13,07	5,54x10 ⁻⁴
	Residual	10	122,7	12,27		
Viscosidad final	Tratamiento	4	1094418	273604	40,5	3,79x10 ⁻⁶
	Residual	10	67563	6756		

Los resultados presentados en la tabla 52 revelan diferencias significativas ($p < 0.05$) en fuerza de retención entre los tratamientos, formando cuatro grupos homogéneos. El tratamiento T₀ mostró la mayor resistencia significativamente superior a T₁, el cual a su vez superó a T₄. Los tratamientos T₃ y T₂ presentaron los valores más bajos, indicando que T₀ fue el más efectivo para mantener la estabilidad viscosa durante el calentamiento, mientras T₂ mostró el peor desempeño.

Tabla 52. Prueba de Post hoc-Tukey para fuerza de retención.

Tratamiento	Fuerza de retención	Grupo
T ₀	556,70	a
T ₁	415,33	b
T ₄	283,97	c
T ₃	198,33	cd
T ₂	86,63	d

Los resultados presentados en la tabla 53 muestran que T₀ tuvo la mayor degradación viscosa, siendo significativamente diferente de todos los demás tratamientos. Esto sugiere que T₀ a pesar de su alta viscosidad inicial, experimentó la mayor pérdida de estructura durante el tratamiento térmico, mientras que los otros tratamientos mostraron una degradación significativamente menor y estadísticamente similar entre sí.

Tabla 53. Prueba de Post hoc-Tukey para pérdida de viscosidad.

Tratamiento	Pérdida de viscosidad	Grupo
T ₀	26,71	a
T ₁	16,55	b
T ₄	15,84	b
T ₃	10,14	b
T ₂	7,85	b

Los resultados presentados en la tabla 54 revelan diferencias altamente significativas en la viscosidad final entre los tratamientos, formando tres grupos. El tratamiento T₀ presenta la mayor viscosidad final, siendo estadísticamente superior a todos los

demás tratamientos. T₁ constituye un grupo intermedio, mostrando valores significativamente menores que T₀, pero superiores a los demás.

Los tratamientos T₄, T₂ y T₃ no tienen diferencias significativas entre ellos, pero con valores marcadamente inferiores a T₀ y T₁. Esta estructura jerárquica demuestra que T₀ produce la estructura de gel más estable tras el enfriamiento, mientras que los tratamientos T₂ - T₄ muestran la menor capacidad de reconstitución viscosa.

Tabla 54. Prueba de Post hoc-Tukey para viscosidad final.

Tratamiento	Viscosidad final	Grupo
T ₀	992,13	a
T ₁	662,93	b
T ₄	385,70	c
T ₂	321,97	c
T ₃	266,27	c

En las figuras 19-22 se presentan diagramas de caja y bigote. Los diagramas de las figuras 20-22 muestran diferencias significativas entre los tratamientos para fuerza de retención, pérdida de viscosidad y viscosidad final, las cuales están indicadas mediante diferentes letras según la prueba Tukey HSD ($p < 0,05$). No obstante, en la figura 19 se observa que la temperatura de empaste no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

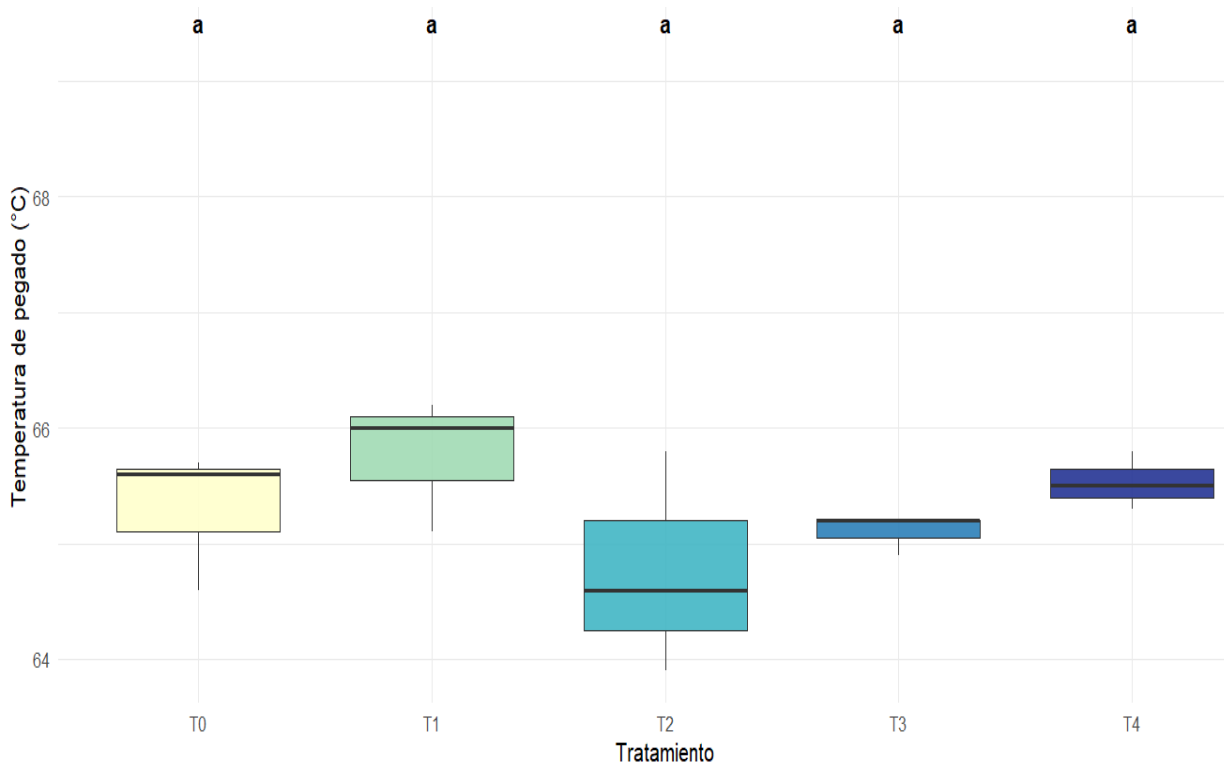


Figura 19. Diagrama de caja y bigote para temperatura de empaste.

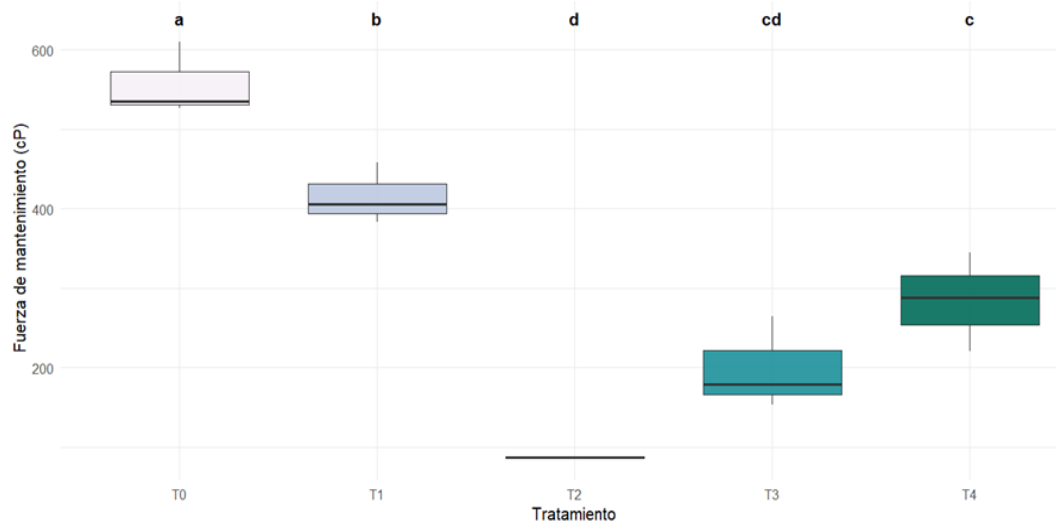


Figura 20. Diagrama de caja y bigote para fuerza de retención.

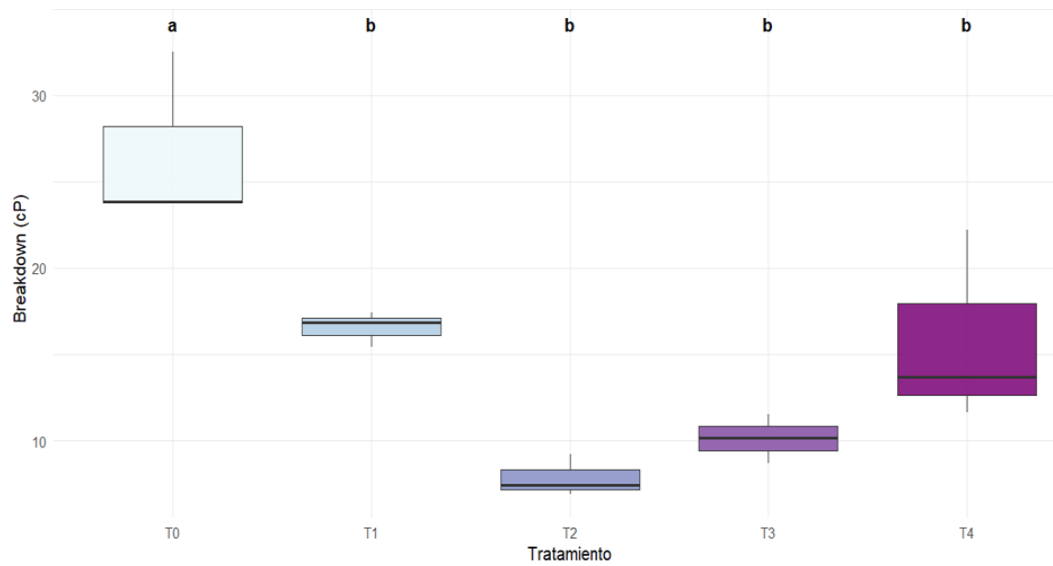


Figura 21. Diagrama de caja y bigote para pérdida de viscosidad.

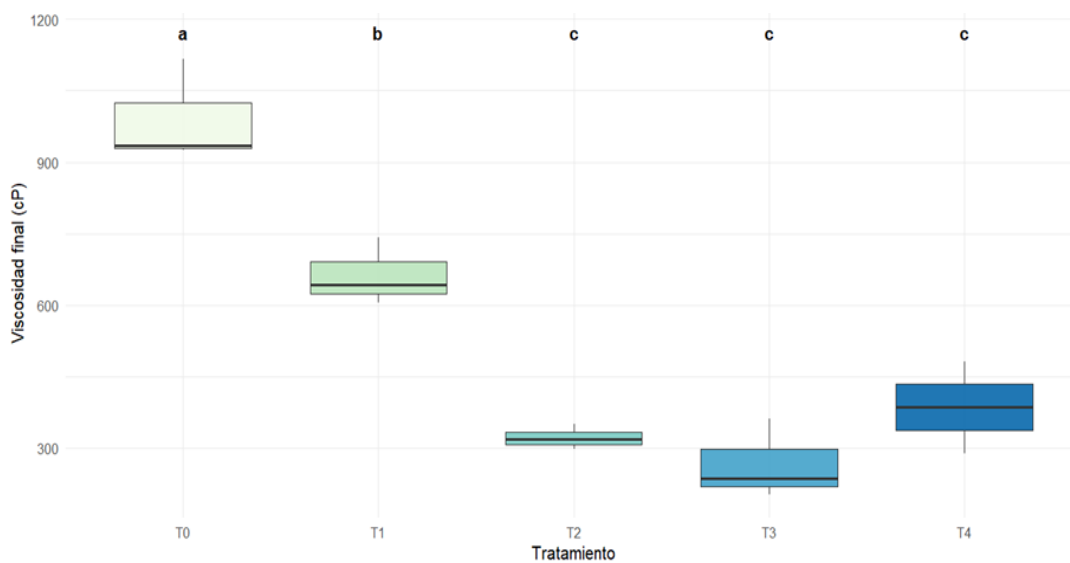


Figura 22. Diagrama de caja y bigote para viscosidad final.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Resultados fisicoquímicos

- Acidez

Sobre el contenido de acidez en las harinas de amaranto con chocho, los resultados mostraron que todos los tratamientos son estadísticamente iguales; es decir, indican que la incorporación de amaranto y chocho en diferentes proporciones no generó variaciones significativas en este parámetro. El valor de acidez obtenido para las harinas de amaranto con chocho en los diferentes tratamientos fue de $0,13 \pm 0,01\%$ a $0,14 \pm 0,01\%$, el cual se encuentra dentro del límite máximo permitido de $0,2\%$ establecido para harinas destinadas a pastelería y galletería según la NTE INEN 616:2015 sobre los requisitos de la harina de trigo.

Esto indica que la muestra cumple con los estándares de calidad y seguridad establecidos para su uso en estos productos. Este valor sugiere que la harina ha sido correctamente almacenada y manipulada, evitando procesos de deterioro como la rancidez o el desarrollo de microorganismos que podrían incrementar este valor. Además, el hecho de que la acidez se mantenga dentro del rango permitido refleja un adecuado control de calidad durante la producción y almacenamiento, previniendo alteraciones que podrían afectar negativamente a los productos elaborados con esta harina (Caicedo, 2021).

- Almidón

Los resultados obtenidos en las harinas de amaranto con chocho mostraron que el tratamiento T₁, compuesto por (90% harina de amaranto y 10% harina de chocho) produjo mayor contenido de almidón con $16,08 \pm 0,24$ g/100 g. Este resultado es considerablemente inferior a los reportados en otras harinas estudiadas en la literatura, tales como la harina de malanga con 57,55 g/100 g reportado por Rodríguez et al. (2011), la harina de plátano con 73,5 g/100 g en la investigación de Toconás et al. (2023) y maíz azul con un contenido aproximado de 78 g/100 g por Agama et al. (2011).

Esta diferencia significativa puede deberse a la composición específica de la mezcla de harina y al efecto del tostado al que fue sometido el grano de amaranto antes de la molienda. Estudios indican que el proceso de tostado reduce el contenido de almidón disponible debido a la degradación térmica de los gránulos de almidón y

modifican la estructura física del mismo (Santacruz, 2024). Además, el chocho al ser una leguminosa presenta de forma natural un contenido bajo de almidón comparado con tubérculos o cereales (Villacrés et al., 2006).

- Carbohidratos

Los resultados obtenidos en las harinas de amaranto con chocho mostraron que el tratamiento 1 produjo mayor contenido de carbohidratos, con un valor de $61,05 \pm 0,05\%$ que resulta inferior a $65,06\%$ reportado por Pérez y Luzuriaga (2010). Esta diferencia puede atribuirse a varios factores, entre ellos el origen del grano, las técnicas de cultivo, el grado de procesamiento y el tipo de tratamiento aplicado al amaranto antes de la molienda (Fuentes, 2014).

Como se ha evidenciado en estudios recientes, el tostado aplicado al amaranto antes de la molienda puede reducir el contenido total de carbohidratos disponibles. Esto se debe a que el calor induce transformaciones en el almidón y otros polisacáridos convirtiendo parte de este en formas menos digeribles o en compuestos que no se contabilizan como carbohidratos simples, lo que disminuye el porcentaje total medido (Sánchez, 2024).

- Cenizas

Los resultados obtenidos en las harinas de amaranto con chocho mostraron que el tratamiento 1 produjo mayor contenido de cenizas, con un valor de $2,44 \pm 0,02\%$. Este valor se encuentra por debajo del límite máximo permitido del $3,0\%$ establecido por la NTE INEN 2646:2012 sobre los requisitos e inspección de granos y cereales (grano de amaranto), aunque esta norma está enfocada en el grano y no en la harina, sus especificaciones actúan como referencia de evaluación para productos derivados.

Estudios previos reportaron un contenido de ceniza del $3,54\%$, tal como se observa en el estudio de Moposita et al. (2023) en pastas alimenticias elaboradas con harina de quinua y amaranto; así como un $3,17\%$ reportado por Pérez y Luzuriaga (2010) en un estudio sobre harina de amaranto para elaboración de pan. El contenido de cenizas obtenido en el presente trabajo es notablemente menor, lo que podría indicar un proceso de molienda más selectivo o un grado de refinación mayor en la harina analizada. Esta diferencia también puede estar influenciada por la variabilidad genética del amaranto, condiciones de cultivo y métodos de procesamiento empleados en cada estudio (Fuentes, 2014).

La obtención de un valor de cenizas inferior no solo cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente, sino que también puede influir positivamente en las propiedades tecnológicas y características sensoriales del producto final, especialmente en aplicaciones donde se requiere una harina de mayor pureza y menor presencia de componentes del salvado; es decir, valores más bajos suelen indicar harinas más refinadas, mientras que valores más altos sugieren mayor presencia de salvado y germen.

- Extracto etéreo

Los resultados de porcentaje de extracto etéreo contenidos en las muestras de harina de amaranto con chocho, mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, denotando que el tratamiento T₀ compuesto únicamente por harina de amaranto fue el que presentó el valor de extracto etéreo más bajo de $7,32 \pm 0,07\%$, mientras que el tratamiento T₄ compuesto de (60% amaranto y 40% chocho) alcanzó el valor más alto con $8,56 \pm 0,03\%$; este comportamiento creciente en el contenido de grasa se relaciona con la cantidad de harina de chocho en la formulación.

Referente a la parte normativa, los valores resultantes se encuentran dentro del rango establecido para harinas; según el Codex Alimentarius y Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006), las cuales indican un rango máximo de grasa del 2% para harinas refinadas de trigo; sin embargo, para harinas que proceden de pseudocereales o leguminosas no se establece un límite específico.

- Fibra

Los resultados obtenidos para el contenido de fibra en la mezcla de harina de amaranto con chocho mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, denotando que el tratamiento T₀ presentó el valor de fibra más bajo de $11,36 \pm 0,16\%$, mientras que el tratamiento T₄, compuesto de 60% de amaranto y 40% de chocho, alcanzó el valor más alto con un resultado de $17,28 \pm 0,93\%$. Este comportamiento guarda coherencia, ya que el chocho presenta un mayor contenido de fibra en comparación con el amaranto, lo que contribuye al incremento observado en dicho tratamiento.

En lo que respecta a las normas, el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN 616 (2006) no establece ningún requisito mínimo, ni máximo que deben de tener las harinas vegetales. Sin embargo, un estudio de FAO y OMS (2001) indica que un alimento puede declararse con fuente de fibra si tiene 3 gramos de fibra por cada

100 gramos de producto. En este caso todas las formulaciones del presente estudio cumplen con este criterio.

- Humedad

Los resultados obtenidos en el contenido de humedad mostraron que el tratamiento T₄ presentó el mayor valor con $4,88 \pm 0,01\%$, mientras que el tratamiento testigo T₀ registró el valor más bajo con $3,06 \pm 0,01\%$. Esto indica que el porcentaje de humedad tiende a aumentar al incrementarse la proporción de harina de chocho en cada tratamiento.

Según establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006) y el Codex Stan 152-1985 el límite máximo de humedad en harinas es de 15,5% para el consumo humano, por lo que los tratamientos presentados en este estudio cumplen con el criterio. Por otra parte, en procesos como elaboración de galletas, el contenido de humedad más fiable es el menor (T₁), ya que esto evita el crecimiento microbiano permitiendo a este producto tener una vida útil más larga. Según Fellows (2017), menciona que para mejorar las condiciones de almacenamiento y estabilidad de productos derivados de la harina se recomienda que esta tenga una humedad por debajo del 10%.

- Proteína

Los resultados obtenidos denotaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, con una tendencia creciente entre tratamientos desde T₀ hasta T₄. El tratamiento que presentó el valor más alto de proteína fue el T₄ con $34,64 \pm 0,01\%$ mientras que el T₀ presentó la menor cantidad con $12,53 \pm 0,01\%$. La tendencia creciente desde T₀ hasta T₄ respectivamente se ve evidenciada con respecto al contenido nutricional de las diferentes materias primas.

Según Ocaña (2019), manifiesta que la harina de chocho presenta un contenido de proteínas significativamente alto de 52,82%; por otra parte, Criollo y Fajardo (2010) en su estudio reportan que el contenido de proteína de la harina de amaranto es de 17,0%. En cuanto a los requisitos mínimos de contenido de proteína para harinas, se confirma que todos los tratamientos cumplen este requisito, ya que según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006) y el Codex Stan 152-1985, el límite de contenido de proteínas que deben tener las harinas destinadas al consumo humano debe ser mínimo de 7,0%. Para la elaboración de galletas el tratamiento T₄ sería el óptimo si se

busca maximizar el aporte de proteínas; sin embargo, si se busca una formulación más equilibrada, los tratamientos T2 y T3 serían opciones intermedias eficaces.

4.2.2. Resultados microbiológicos

Los resultados obtenidos muestran recuentos de aerobios mesófilos entre $1,08 \times 10^3$ y $1,1 \times 10^3$ UFC/g, valores inferiores al máximo permitido de 1×10^5 UFC/g establecido en la norma NTE INEN 616:2006. En cuanto a *Coliformes*, *E. coli*, *Salmonella*, mohos y levaduras, los resultados fueron negativos (ausencia) en todas las muestras analizadas, cumpliendo con los límites máximos establecidos en la normativa, que son de 1×10^2 UFC/g en *Coliformes*, ausencia en *E. coli* y *Salmonella*; en cuanto a mohos y levaduras es de 5×10^2 UFC/g.

Los resultados obtenidos reflejan buenas prácticas de manufactura (BPM) y manejo higiénico; siendo fundamental para evitar riesgos microbiológicos en harinas destinadas al consumo humano o a la elaboración de productos derivados. Además, contribuye a prolongar la vida de anaquel y mantener las características sensoriales y funcionales del producto (Caicedo, 2021). Estudios similares han demostrado que el cumplimiento microbiológico es fundamental para asegurar tanto la inocuidad como la calidad alimentaria en harinas, evitando así la proliferación de microorganismos que puedan afectar la salud del consumidor (Rodríguez et al., 2010).

4.2.3. Resultados funcionales

- Absorción de agua

El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la capacidad de absorción de agua. El tratamiento T₁ presentó el nivel más alto de absorción de agua ($1,25 \pm 0,01$ g/g), mientras que los tratamientos T₃ y T₄ presentaron la menor capacidad de retención de agua ($0,73 \pm 0,06$ g/g y $0,80 \pm 0,06$ g/g) respectivamente; datos que resultan inferiores a 3,53 reportado por (Jiménez, 2013). Esto se debe a que el proceso del tostado modifica la capacidad del almidón para absorber y retener agua, generalmente disminuyéndola porque el almidón gelatinizado no absorbe tanta agua como el almidón crudo.

Tomando en cuenta el punto de vista funcional Kaur y Singh (2016), mencionan que una alta capacidad de absorción de agua es favorable en harinas cuyo fin es la repostería, galletería y panificación; ya que permite tener un buen nivel de hidratación, mejor cohesión de la masa facilita el moldeado y puede influir de

manera positiva en la textura final del producto. En relación con las características que aporta un alto nivel de absorción de agua el tratamiento T1 sería el más adecuado para la elaboración galletas.

- Retención de agua

Los resultados obtenidos para la capacidad de retención de agua mostraron diferencias significativas, tras aplicar la prueba para datos no paramétricos Kruskal-Wallis, posteriormente la prueba Post hoc de Dunn presentó diferencias estadísticas entre T₀-T₄, de igual forma entre T₁-T₄, evidenciando que la capacidad de retención de agua se vio afectada por la proporción de harinas en los tratamientos. La capacidad de retención de agua es una característica funcional la cual indica la capacidad que tiene una harina para retener agua una vez que esta ha sido absorbida. En la elaboración de galletas esta propiedad cumple un papel muy importante, ya que influye en la textura, humedad interna, estabilidad y vida útil (Cerde et al., 2017).

El tratamiento T₄ presentó un valor más bajo por lo que se diferenció de manera significativa con los tratamientos T₀ y T₁, lo que indica que T₄ tiene una menor capacidad de retención de humedad. Para la elaboración de galletas se requiere gran retención de agua por lo que el tratamiento óptimo es T₁ mostrando un comportamiento favorable de $1,17 \pm 0,01$ g/g; dato que resulta inferior a 2,82 g/g reportado por Fernández (2017). Esto se debe a que el trigo contiene gluten, que posee una proteica roja capaz de absorber y retener gran cantidad de agua, lo cual contribuye a formar masas elásticas y cohesivas. En cambio, las harinas de chocho y amaranto no tienen gluten; su capacidad de absorción y retención de agua depende principalmente de las características del almidón, la fibra y las proteínas no formadoras de gluten, que en general retienen menos agua.

4.2.4. Resultados reológicos

Los resultados obtenidos en el análisis reológico muestran diferencias significativas en comparación con los valores reportados por (Sangeeta y Grewal (2018) y Tanimola et al. (2016); lo cual puede atribuirse a la composición particular de la harina, métodos de procesamiento aplicado y las condiciones experimentales.

El tiempo máximo del pico de las muestras analizadas es de 13,20 min, siendo considerablemente mayor que los valores presentados por las investigaciones de referencia (5,90 min por Tanimola et al. y 6,86 min por Sangeeta y Grewal). Esto indica

que la harina con chocho requiere un tiempo más prolongado para alcanzar la máxima viscosidad durante la gelatinización, lo cual puede estar asociado a una mayor presencia de proteínas y fibras provenientes del chocho, que interfieren en la hidratación y expansión del almidón en el calentamiento (Muyonga et al., 2013).

En el caso de la temperatura de empaste (65,77 °C) es menor que los valores reportados por la literatura (81,47 °C por Tanimola et al. y 83,48 °C por Sangeeta y Grewal). Esta diferencia sugiere que el almidón presente en la harina con chocho inicia su gelatinización a temperaturas más bajas, lo que podría facilitar procesos de cocción más eficientes y con menor consumo energético. La menor temperatura también puede estar relacionada con modificaciones en la estructura del almidón debido a la mezcla con chocho o a tratamientos térmicos previos (Shevkani et al., 2014).

En cuanto a la fuerza de retención, el valor obtenido de 415,33 cP es intermedio entre los resultados reportados por Sangeeta y Grewal (2018) y Tanimola et al. (2016) de 738 cP y 112,1 cP respectivamente. Esto indica que la pasta formada por la harina es más estable bajo condiciones de calentamiento prolongado y agitación, probablemente debido a la interacción entre almidón, proteínas o fibras del chocho, que refuerzan la estructura de la pasta (Tester y Morrison, 1990).

La pérdida de viscosidad de 16,55 cP obtenido en el análisis es similar al valor reportados por Sangeeta y Grewal de 17,33 cP, lo que refleja una resistencia moderada a la degradación térmica y mecánica durante la gelatinización. Un valor relativamente bajo es deseable para mantener la integridad de la estructura del almidón durante el procesamiento.

Estos resultados reflejan que la incorporación de chocho modifica significativamente las propiedades reológicas del sistema, aumentando la estabilidad térmica y la capacidad de formación de gel, aunque también prolonga el tiempo necesario para alcanzar la máxima viscosidad y aumenta la sensibilidad a la ruptura durante el calentamiento.

Finalmente, la viscosidad final obtenido de 662,93 cP es menor que el reportado por Sangeeta y Grewal de 960,6 cP, pero mucho mayor que el de Tanimola et al. de 132,2 cP, indicando una buena capacidad para formar geles firmes y estables tras el enfriamiento, lo cual es crucial para la textura y calidad sensorial de los productos elaborados con estas harinas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El mejor tratamiento de acuerdo con las propiedades funcionales fue el T₁ (90% harina de amaranto y 10% harina de chocho), debido a la mayor capacidad absorción de agua (1,25 g/g) y capacidad de retención de agua (1,17 g/g). Estos valores reflejan un mejor comportamiento higroscópico y estabilidad de la mezcla, lo que podría favorecer su desempeño en aplicaciones alimentarias que requieren buena hidratación y conservación de humedad.
- En relación con las propiedades reológicas obtenidas, se evidencia que el tratamiento T₁ presenta características favorables. Los parámetros como tiempo máximo del pico (13,20 min), la temperatura de gelatinización moderada (60 – 70 °C), la alta resistencia durante el mantenimiento (415,33 cP), la pérdida de viscosidad (16,55 cP) y la elevada viscosidad final (662,93 cP), reflejan una buena estabilidad térmica y una capacidad adecuada para formar geles firmes; características esenciales para obtener productos con texturas adecuadas (dureza de 10-25 N) y consistencia homogénea.
- Respecto a las propiedades fisicoquímicas, la mezcla de estas harinas cumplió satisfactoriamente con los criterios establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616 (2006), siendo así aptas para el consumo humano. Dentro de estas propiedades tenemos la acidez la cual se mantuvo dentro del límite permitido (< 0,2%) con un resultado entre 0,13% y 0,14%. Todos los tratamientos presentaron contenidos de humedad por debajo del máximo establecido (15,5%), lo cual favorece la estabilidad del producto. El tratamiento T₁ destacó por su mayor contenido de carbohidratos (65,06%), almidón (16,08 g/100 g) y cenizas (2,44%), mientras que el tratamiento T₄ presentó el mayor contenido de proteína (34,64%), fibra (17,28%) y extracto etéreo (8,56%). Estos resultados evidencian no solo el cumplimiento normativo, sino también un perfil nutricional robusto que respalda la viabilidad de estas harinas para su uso en productos horneados.

- Los análisis microbiológicos llevados a cabo para las mezclas de harina de chocho y amaranto cumplieron con los criterios establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616. Se confirmó la ausencia de microorganismos patógenos como *E. coli*, *Salmonella*, *Coliformes*, mohos y levaduras. Por otra parte, se detectó la presencia de *Aerobios mesófilos* ($1,08 \times 10^3 - 1,1 \times 10^3$ UFC/g); este conteo reveló que se encuentran bajo el límite de la norma antes mencionada. Estos resultados respaldan la higiene, el cuidado y la buena elección de parámetros a la hora de la elaboración de estas harinas, dando como resultado su excelente contenido nutricional y larga vida útil.
- Teniendo en cuenta todos los resultados de las propiedades funcionales, reológicas y fisicoquímicas de las mezclas de harina de amaranto con chocho, se ha determinado que el mejor tratamiento para una formulación equilibrada de galletas es el T₁, el cual presenta los mejores valores en cuanto a capacidad absorción de agua (1,25 g/g) y capacidad de retención de agua (1,17 g/g). De igual manera, desde el punto de vista reológico marca los mejores valores (tiempo máximo del pico de 13,20 min, temperatura de empaste de 65,77 °C, fuerza de retención de 415,33 cP, pérdida de viscosidad de 16,55 cP y viscosidad final de 662,93 cP), así como también un alto contenido de almidón (16,08 g/100 g), cenizas (2,44%) y carbohidratos (65,06 %). En caso de que se desee elaborar productos con un mayor aporte de proteínas, fibra y grasa, la mejor opción sería el tratamiento T₄ (60% harina de amaranto y 40% harina de chocho), ya que presenta un contenido superior de grasa (8,56%), fibra (17,28%) y proteína (34,54%) en comparación con el tratamiento T₁.
- Como se ha comprobado en este estudio, la harina de amaranto con chocho cumple con los requisitos técnicos, aporta con alto contenido nutricional y sirve para realizar productos derivados; generando así una alternativa de alto impacto frente a las harinas comerciales como el trigo o maíz. Cabe mencionar que tanto el chocho como el amaranto son alimentos que se encuentran libres de gluten, por lo que su uso resulta muy beneficioso principalmente para personas con enfermedad celíaca o que sean sensibles al gluten, posicionándose fuertemente en el mercado como una opción saludable.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere priorizar el tratamiento T₁, compuesto por 90% harina de amaranto y 10% harina de chocho, debido a su óptimo balance entre contenido de carbohidratos y propiedades funcionales. Esta proporción resulta especialmente favorable para productos que requieran una alta capacidad de absorción de agua, como galletas crujientes o panes densos, aprovechando su equilibrada composición de almidón y carbohidratos para maximizar tanto el valor nutricional como la textura del producto final.
- Se sugiere considerar el uso de harina de amaranto tostada en el desarrollo de productos alimenticios, ya que el tostado contribuye a mejorar las características organolépticas, como el sabor, aroma y color, potenciando la aceptación sensorial del producto final. Además, es recomendable evaluar diferentes grados de tostado para optimizar estos atributos sin comprometer las propiedades nutricionales, asegurando así un balance entre calidad sensorial y valor nutricional.
- Se recomienda optimizar el proceso de desamargado del chocho mediante un control riguroso del tiempo de remojo y el cambio constante de agua para garantizar la reducción efectiva de alcaloides. De igual manera, resulta recomendable evaluar la implementación de métodos alternativos que permitan reducir el consumo de agua y el tiempo de procesamiento, sin comprometer la calidad final de la harina obtenida.
- Se recomienda evaluar la reducción del tamaño de partícula mediante el uso de diferentes molinos, con el objetivo de obtener una granulometría fina y homogénea en la harina. El control de la distribución de tamaño contribuye a mejorar la funcionalidad tecnológica del producto, optimizar propiedades como la absorción y retención de agua.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agama, E., Salinas, Y., Pacheco, G., y Bello, L. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: Morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 317–329. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a2.pdf>
- Aguagallo, M. (2013). *Elaboración de galletas con harina de chocho y quinua, endulzadas con miel de abeja* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.espace.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/6c9a6af8-783d-479f-a000-77dace056568/content>
- Alemán, R. (2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022* [Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4579/1/tnq02a367.pdf>
- Anton Paar. (2023). *Accessory for MCR: Starch Cell*. <https://www.anton-paar.com/us-en/products/details/starch-cell-starch-pasting-measurement/>
- Bastidas, M. (2022). *Evaluación de la eficiencia de precipitación de los alcaloides procedentes del Lupinus mutabilis Sweet por el método de mayer en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache período 2021-2022* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0a70b5bc-5413-4d8f-ac11-c75802701bd8/content>
- Burgos, S., Castro, A., Castro, A., Durán, K., y Núñez, L. (2014). Historia y domesticación del amaranto (Amaranto especies). In *Historia y domesticación de plantas de mesoamérica*. https://www.academia.edu/20338673/Historia_y_Domesticacion_del_Amaranto
- Caicedo, D. (2021). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la extracción de harina de oca por el método tacho abierto. *Ciencia e Ingeniería, 2021*, 28–29.
- Cardoso, R., Fernandes, Â., Heleno, S., Rodrigues, P., González, A., Barros, L., y Ferreira, I. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*, 280, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>
- Carrera, D., y Vargas, J. (2016). *Diseño y construcción de una trituradora de morochillo entero para producción de balanceados* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13113/3/UPS-KT01246.pdf>

- Cerda, L., Cerda, V., Pilamala, A., Moreno, C., y Pérez Amaury. (2017). Proteína de harinas de maíz, cebada, quinua, trigo nacional y papa: características y funcionalidad como sustitutos de la proteína de harina de trigo importado en la producción de pan y fideos. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6, 201–216. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413712>
- Chaglla, A. (2024). Evaluación de la sustitución de harinas de trigo y plátano en el proceso de elaboración de pan [Universidad Técnica del Norte]. In *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16122>
- Chauhan, A., Saxena, D., y Singh, S. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1125773>
- Chiriguaya, A. (2020). *Producción de una galleta incorporando en su formulación harinas obtenidas de chocho (Lupinus mutabilis) y cañihua (Chenopodium pallidicaule)* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CHIRIGUAYA%20SALAVARRIA%20ANTHONY%20MOISES.pdf>
- Chopin Technologies. (2012). *Mixolab applications handbook*. CONCEREAL. <https://concereal.net/wp-content/uploads/2017/03/2012-CHOPIN-Mixolab-Applications-Handbook-EN-SPAIN-3.pdf>
- Codex Alimentarius. (1985). Norma para la harina de trigo. In CXS (pp. 1–5). https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf
- Coral, V., y Gallegos, R. (2015). *Proximal determination of the main nutritional components of cornmeal, whole wheat flour, oak, cassava, yellow carrot, white carrot and andean lupin*. <http://www.fao.org/infoods/infoods/tablas-y-bases-de-datos/ecuador/es/>
- Corporación Financiera Nacional. (2023). Ficha sectorial: Productos de panadería. In *Banco Central del Ecuador*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-4-trimestre/Ficha-Sectorial-Productos-de-panaderia.pdf>
- Criollo, P., y Fajardo, S. (2010). *Valor nutritivo y funcional de la harina de amaranto (Amaranthus hybridus) en la preparación de galletas* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2422>
- Dapčević, T., Pojić, M., Hadnaev, M., y Torbica, A. (2011). The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. *Wide Spectra of Quality Control*, 335–360. <https://doi.org/10.5772/24148>
- De Bock, P., Daelemans, L., Selis, L., Raes, K., Vermeir, P., Eeckhout, M., y Van Bockstaele, F. (2021). Comparison of the chemical and technological characteristics of wholemeal flours obtained from amaranth (*Amaranthus* sp.), quinoa

(Chenopodium quinoa) and buckwheat (Fagopyrum sp.) seeds. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 651, 10(3), 651. <https://doi.org/10.3390/FOODS10030651>

- Díaz, T., y Somarriba, H. (2021). *Evaluación de la composición nutricional de tortillas: fortificada con amaranto (Amaranthus cruentus), tradicional y de harina de maíz nixtamalizada, mediante su análisis proximal y bioquímico*. <https://core.ac.uk/download/pdf/517415497.pdf>
- FAO, y OMS. (2001). *Comité del Codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales*.
- Fellows, P. (2017). Tecnología del procesado de los alimentos. In *InfoAlimenta - Los expertos opinan* (2nd ed.). Acribia. http://infoalimenta.com/expertos-opinan/56/78/Beneficios-y-riesgos-del-procesado-de-los-alimentos/detail_templateSample/
- Fernández, N. (2017). *Propiedades funcionales y químicas de harinas de distintas variedades de trigo sarraceno y TEF*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/29440/TFML355.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Freire, A., y Lalbay, M. (2022). *Implementación de un molino de martillos para la producción de harina de trigo [Universidad Técnica de Cotopaxi]*. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9bf1ee25-8b8d-45ef-aebf-e1a4a6b3d354/content>
- Friero, I., Martínez, M., Paz, M., y Moralejo, M. (2024). Improving functional and nutritional profiles of barley flours with diverse starch types through pearling. *Food Chemistry*, 460, 140611. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.140611>
- Fuentes, M. (2014). *Comparación del contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y factores antinutricios en hojas y granos de Amaranto (Amaranthus hypochondriacus L) cultivado bajo ambiente protegido y a campo abierto [Universidad Autónoma de Querétaro]*. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/10706/1/CNLIN-180351%20%28PDF-A.pdf>
- Guaján, C. (2019). *Determinación de los procesos artesanales para elaborar harina y cereales de amaranto (Amaranthus caudatus L.), en la comunidad de Iltaquí, cantón Cotacachi [Universidad Técnica de Babahoyo]*. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6408/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000174.pdf?sequence=1>
- Hamzhepour, R., y Dastgerdi, A. (2023). The effects of quinoa and amaranth flour on the qualitative Characteristics of gluten-free cakes. *International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2023/6042636>
- Hasmadi, M., Noorfarahzilah, M., Noraidah, H., Zainol, M., y Jahurul, M. (2020). Functional properties of composite flour. *Food Research*, 4(6), 1820–1831. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(6\).419](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(6).419)

- ITW Reagents. (2025). Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl. In *PanReac, AppliChem* (pp. 1–12). https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf
- Jacobsen, S., y Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 458–482. <https://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2028.pdf>
- Jiménez, J. (2013). *Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla amaranto, quinua, chocho y avena* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6444/1/CD-4973.pdf>
- Jurado, E. (2019). *Estudio de la producción y comercialización del amaranto (Amaranthus sp) en la provincia de Imbabura* [Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9888>
- Kassa, M., y Emire, S. (2021). Evaluation of various properties of amaranthus (Genus *Amaranthus* L.) based composite flour blends for preparation of gluten-free biscuits. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 57–68. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2021.13.1.08>
- Kaur, M., y Singh, S. (2016). Physicochemical, Morphological, Pasting, and Rheological Properties of Tamarind (*Tamarindus indica* L.) Kernel Starch. *International Journal of Food Properties*, 19(11), 2432–2442. https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1121495/ASSET/75F5FE36-9AAB-4D80-B3DB-7200A4CCBAB6/ASSETS/IMAGES/LJFP_A_1121495_F0005_B.GIF
- Lage, M., Simal, J., y Salgado, G. (1983). Determinación de almidón en alimentos. *Trabajos Compostelanos de Biología*, 10, 15–25. https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Simal-Lozano/publication/235700249_Determinacion_de_almidon_en_alimentos/links/02bfe513dc78894e15000000/Determinacion-de-almidon-en-alimentos.pdf
- Llenera, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Qualitas*, 24(24), 75. <https://doi.org/10.55867/qual24.05>
- Luis, G., Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., y Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results*, 3(6), 423–436. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>
- Man, S., Păucean, A., Muste, S., Chis, M., Pop, A., y Călian, I. (2017). Assessment of amaranth flour utilization in cookies production and quality. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 23(2), 97–103. <http://journal-of-agroalimentary.ro/>
- Mapes, E. (2015). El Amaranto. *Ciencia*, 8–15. https://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf
- Martínez, C., Peñas, E., y Hernández, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free

foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178.
<https://doi.org/10.1016/J.FCT.2020.111178>

- Martínez, E., y Mátar, I. (2017). *Elaboración de harina de amaranto* (pp. 1–278). <https://ria.utn.edu.ar/server/api/core/bitstreams/9b5fb238-bb7e-4c3f-84b2-c4613c82cb59/content>
- Martínez, S., y Zambrano, B. (2011). Elaboración de un suplemento proteico en polvo, a base de harina de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* L.), amaranto (*Amaranthus*) y dos tipos de edulcorantes (Sacarosa y Glucosa). *UTN*, 1–9.
<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2078/3/03%20EIA%20302%20%20ARTICULO%20CIENIFICO.pdf>
- Meneses, O., y Burbano, M. (2025). Nutritional, functional and microbiological potential of andean *Lupinus mutabilis* and *Amaranthus* spp. in the development of healthy foods. *Foods*, 14(12), 2059. <https://doi.org/10.3390/FOODS14122059>
- Moposita, D., Mejía, B., Dávalos, G., y Godoy, M. (2023). Pastas alimenticias enriquecidas con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus*). *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 8(5), 1404–1417. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5>
- Mordor Intelligence. (2025). *Cookies market size y share analysis - Growth trends & forecasts (2025 - 2030)*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/cookies-market>
- Muyonga, J., Andabati, B., y Ssepuyya, G. (2013). Effect of heat processing on selected grain amaranth physicochemical properties. *Food Science & Nutrition*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.1002/FSN3.75>
- Nieto, C. (1989). *El cultivo de amaranto *Amaranthus* spp. Una alternativa agronómica para Ecuador* (52nd ed.). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/2d0a0b4a-279b-4793-9cac-43f864a3434d/content>
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 616. (2006). Harina de trigo. Requisitos. In *INEN* (Issue 1, pp. 1–11). <https://es.scribd.com/document/356640362/616-INEN>
- Ocaña, I. (2019). *Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrautilizados* [Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30002>
- OMS. (2024, March 1). *Mal nutrición*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
- Organización Mundial de Gastroenterología. (2016). *Enfermedad celíaca* (pp. 1–37). Peter Gibson (Australia). <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/celiac-disease-spanish-2016.pdf>

- Peralta, E. (2016). El chocho en Ecuador: "Estado del Arte." In PRONALEG, INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/items/1bb58c79-be70-4e5d-8aeb-be5756acd52d>
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., y Minchala, L. (2016). *Evaluación del amaranto (Amaranthus spp.) en la provincia de Santa Elena, Ecuador 2014 y 2015*. INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/61b536c3-ee13-49c5-a5aa-deea14015014/content>
- Pérez, C., y Luzuriaga, Ó. (2010). Caracterización de la harina de semillas de amaranto *Amaranthus Caudatus* para elaboración de pan en mezclas con harina de trigo. *Química Central*, 1(1), 61–70. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/QUIMICA/article/view/1191/1185>
- Pomeranz, Y., y Meloan, C. (1994). Food analysis. In *Food Analysis* (3rd ed.). Chapman & Hall. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6998-5>
- Pozo, C. (2011). Estudio de factibilidad económica para la producción y comercialización de amaranto en la zona andina de Cotacachi [Universidad Técnica del Norte]. In *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/932>
- Primicias. (2024). ¿Por qué los ecuatorianos están comprando menos galletas, caramelos y dulces en 2024? *Gestión Digital*. https://revistagestion.primicias.ec/cifras/por-que-los-ecuatorianos-estan-comprando-menos-galletas-caramelos-y-dulces-en-2024/?utm_source=chatgpt.com
- Putri, N., Subagio, A., y Diniyah, N. (2022). Pasting properties of MOCAF (Modified Cassava Flour) using rapid visco analyzer with variations of pH solution. *Food ScienTech*, 4(1), 2685–4279. <https://doi.org/10.33512/fsj.v4i1.14441>
- Quishpe, S., y Villalta, D. (2023). *Desarrollo de un producto nutracéutico con base de harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet), avena (Avena sativa) y amaranto (Amaranthus) en la Universidad Estatal de Bolívar* [Universidad Estatal de Bolívar]. Nutracéuticos, chochos, gluten, almidón, celíacos, pan.
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Requena, J. (2013). Harinas. In *Innovación y experiencias educativas* (Issue 60, pp. 1–9). https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_60/JOSE_REQUENA_1.pdf
- Rodríguez, D., Zambrano, J., Pereira, S., Torres, A., y Murillo, Á. (2023). *Lupinus mutabilis* Breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia. *Agronomy*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY14010094>
- Rodríguez, E., Rodríguez, C., Gamboa, M., y Arias, M. (2010). Evaluación microbiológica de alimentos listos para consumo procesados por pequeñas industrias costarricenses. *SciELO*, 60(2).

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222010000200011

- Rodríguez, J., Rivadeneyra, J., Ramírez, E., Juárez, J., Herrera, E., Navarro, R., y Hernández, B. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 15(43), 37–47. <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/4.pdf>
- Sadva, J. (2019). *Obtención y caracterización funcional de harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis)* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6141/1/TESIS%20FINAL.pdf>
- Salazar, C. (2024). Formulación de una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) [Universidad Técnica de Ambato]. In *Universidad Técnica de Ambato*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/42433>
- Sánchez, M. (2024). *Evaluación de los efectos de la fritura y tostado convencional en las características, físicas, químicas y funcionales de la quinoa (Chenopodium quinoa) y el amaranto (Amaranthus caudatus)* [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6925/1/ULEAM-AGROIN-0083.pdf>
- Sangeeta, y Grewal, R. (2018). Comparative study of pasting properties of amaranth and buckwheat flour. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 811–813. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue2/PartL/7-2-60-409.pdf>
- Santacruz, S. (2024). *Evaluación de los efectos de la fritura y tostado convencional en las características, físicas, químicas y funcionales de la quinoa (Chenopodium quinoa) y el amaranto (Amaranthus caudatus)* [Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6925/1/ULEAM-AGROIN-0083.pdf>
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A., y Rana, J. (2014). Physicochemical, pasting, and functional properties of Amaranth seed flours: effects of lipids removal. *Journal of Food Science*, 79(7), 1–7. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12493>,
- Silva, D. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/578905d4-98c1-4901-8871-ad45b5750efb/content>
- Subía, C. (2012). *Caracterización agronómica, bromatológica, isoenzimática y radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (Amaranthus spp.) colectadas en las principales áreas de producción de México* [Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas]. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5547/1/Sub%C3%ADa_Garc%C3%ADa_C_MC_Gen%C3%A9tica_2012.pdf

- Sweets, y Snacks. (2023). *Mercados de confitería y snacks en Ecuador: Información clave para minoristas y distribuidores*. Asociación Nacional de Pasteleros. <https://sweetsandsnacks.com/es/international/ecuador/>
- Tanimola, A., Otegbayo, B., y Akinoso, R. (2016). Chemical, functional, rheological and sensory properties of amaranth flour and amaranth flour based paste. *African Journal of Food Science*, 10(11), 313–319. <https://doi.org/10.5897/AJFS2016.1422>
- Tapia, M. (2015). *El tarwi, lupino andino* (1st ed.). Corporación Gráfica Universal SAC. <https://fadvamerica.org/wp-content/uploads/2017/04/TARWI-espanol.pdf>
- Tapia, M., y Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos* (1st ed.). Millenium Digital srl. Telefax. <https://www.fao.org/4/ai185s/ai185s.pdf>
- Tester, R., y Morrison, W. (1990). Swelling and gelatinization of cereal starches. *Cereal Chem*, 67(6), 558–563. https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1990/Documents/67_558.pdf
- Toconás, N. M., Villalva, F. J., Sajama, J. N., Olivares-La-Madrid, A. P., Ramón, A. N., Alcocer, J. C., Goncalvez de Oliveira, E., Armada, M., Toconás, N. M., Villalva, F. J., Sajama, J. N., Olivares-La-Madrid, A. P., Ramón, A. N., Alcocer, J. C., Goncalvez de Oliveira, E., y Armada, M. (2023). Harina de banana: producción, caracterización fisicoquímica, tecnológica y funcional. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 27(1), 7–16. <https://doi.org/10.14306/RENHYD.27.1.1732>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., y Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/server/api/core/bitstreams/9d9488c5-1377-4529-973a-ebfef9568681/content>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

0000073



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	UTRERAS CABASCANGO ANAEL YADIRA	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401940648
PERIODO ACADÉMICO:	2025A	DOCENTE TUTOR:	PhD. Marco Ruben Burbano Pulles
PRESIDENTE TRIBUNAL	PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez	DOCENTE:	Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero
TEMA DEL TIC:	"Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (Lupinus mutabilis) y amaranto (Amaranthus spp) para galletería"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,00	
3	METODOLOGÍA	8,00	Corregir la operacionalización de variables y la hipótesis
4	RESULTADOS	9,00	Colocar los resultados de los parámetros en español
5	DISCUSIÓN	8,00	Debe ampliarse la discusión en función de los métodos aplicados y resultados obtenidos
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,33	Deben redactarse de mejor manera para mostrar claramente los hallazgos de la investigación.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	Organizar el tiempo de exposición de manera adecuada
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Debe cumplir con el formato establecido, presenta faltas ortográficas y de redacción

O habiendo una nota de: 8,43 Por lo tanto, **APRUEBA**; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 29 de agosto de 2025

PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
PRESIDENTE TRIBUNAL

PhD. Marco Ruben Burbano Pulles
DOCENTE TUTOR

Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero
DOCENTE



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

000077

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

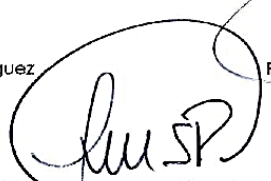
ESTUDIANTE:	RODRÍGUEZ POZO BRANDON JOSÉ	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0450053046
PERIODO ACADÉMICO:	2025A		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez	DOCENTE TUTOR:	PhD. Marco Ruben Burbano Pulles
DOCENTE:	Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero		
TEMA DEL TIC:	"Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>) y amaranto (<i>Amaranthus spp</i>) para galletería"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,00	
3	METODOLOGÍA	8,00	Corregir la operacionalización de variables y la hipótesis
4	RESULTADOS	9,00	Colocar los resultados de los parámetros en español
5	DISCUSIÓN	8,00	Debe ampliarse la discusión en función de los métodos aplicados y resultados obtenidos
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,33	Deben redactarse de mejor manera para mostrar claramente los hallazgos de la investigación.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	Organizar el tiempo de exposición de manera adecuada
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Debe cumplir con el formato establecido, presenta faltas ortográficas y de redacción

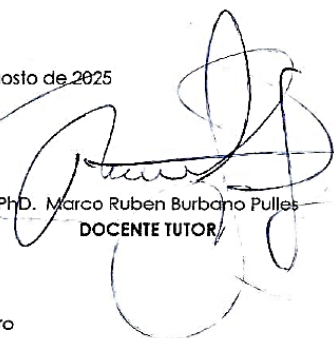
Oscureciendo una nota de: 8,43 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el viernes, 29 de agosto de 2025


PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez
PRESIDENTE TRIBUNAL


Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero
DOCENTE


PhD. Marco Ruben Burbano Pulles
DOCENTE TUTOR

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: UTRERAS CABASCANGO ANAEL YADIRA Y RODRÍGUEZ POZO BRANDON JOSÉ DATE: Miércoles, 8 de octubre de 2025 Topic: "Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y microbiológica de harinas de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>) y amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) para galletería"				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: UTRERAS CABASCANGO ANAEL YADIRA Y RODRÍGUEZ POZO BRANDON JOSÉ

Fecha de recepción del abstract: Martes, 30 de septiembre de 2025

Fecha de entrega del informe: Miércoles, 8 de octubre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Responsable del
CIDEN

Anexo 3. Proceso de obtención de la harina de chocho



Figura 23. Selección de los granos de chocho.



Figura 26. Cocción de los granos de chocho.



Figura 24. Lavado de los granos de chocho.



Figura 27. Proceso de desamargado.



Figura 25. Remojo de los granos de chocho.



Figura 28. Pelado de los granos de chocho.



Figura 29. Secado de los granos de chocho.



Figura 31. Tamizado de la harina de chocho.



Figura 30. Proceso de molienda.



Figura 32. Almacenado de la harina.

Anexo 4. Proceso de obtención de la harina de amaranto



Figura 33. Recepción del amaranto.



Figura 34. Limpieza y lavado del amaranto.



Figura 35. Proceso de secado del amaranto.



Figura 38. Harina después de la molienda.



Figura 36. Proceso de tostado.



Figura 39. Tamizado de la harina de amaranto.



Figura 37. Amaranto tostado.



Figura 40. Almacenado de la harina de amaranto.

Anexo 5. Análisis fisicoquímico de las harinas de amaranto con chocho



Figura 41. Peso del crisol con la muestra de harina para determinar humedad.



Figura 44. Proceso de titulación del para determinación de proteína.



Figura 42. Proceso de digestión del para determinación de proteína.



Figura 45. Determinación del contenido de grasa por el método de Soxhlet.



Figura 43. Proceso de destilación para análisis de proteína.



Figura 46. Determinación del contenido de cenizas por incineración.



Figura 47. Muestras para determinación de almidón.



Figura 49. Preparación de muestras para determinar acidez en harina.



Figura 48. Medición de la absorbancia en las muestras de harina.



Figura 50. Titulación de la muestra de harina para acidez.

Anexo 6. Análisis funcional de las harinas de amaranto con chocho

Mixolab

CHOPIN Universidad Politecnica Estatal Carchi

CHOPIN
TECNOLOGÍA
a KPM brand

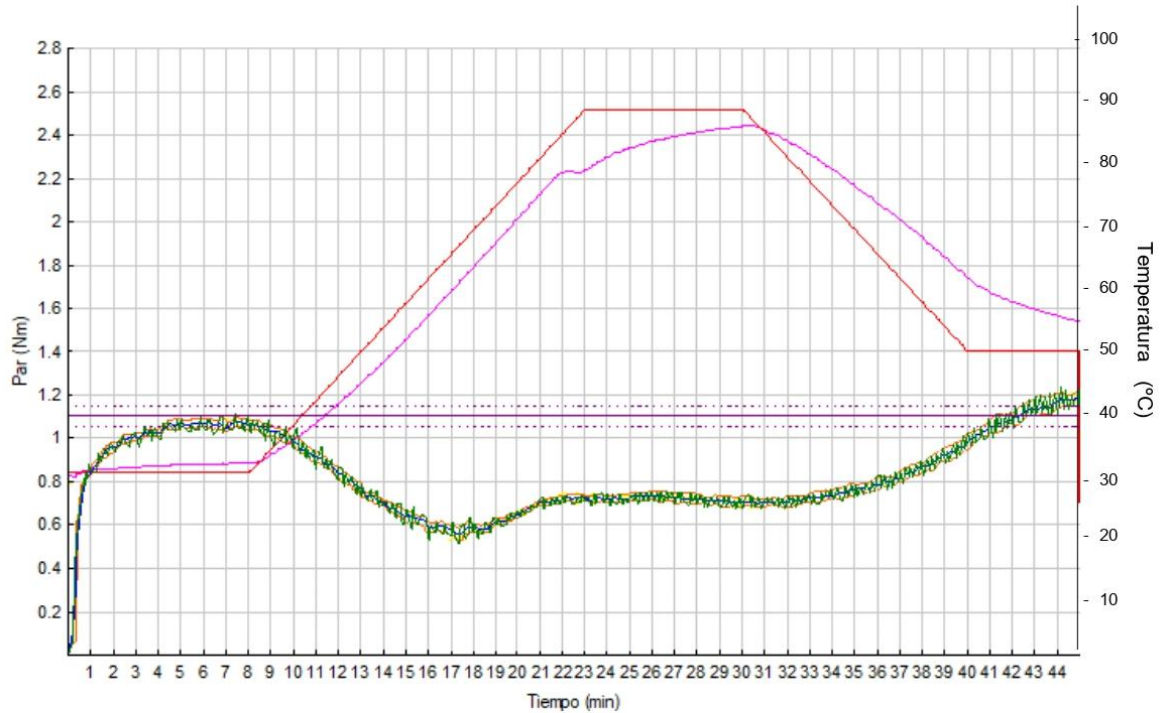
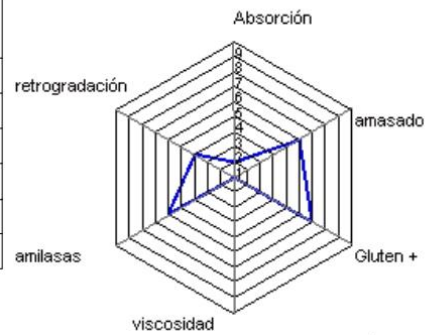
Tulcan
Ecuador
92390 VILLENEUVE LA GARENNE
FRANCE

UPEC - T1 52'2 R4

Fecha : 10/03/2025 **Hora :** 15:39 **Protocolo :** Chopin+
Hydration : 52.2 % base 14% (b14) **Peso de la masa :** 75.0 g
Contenido de 3.1 % **Temperatura del depósito :** 30.0 °C
Indice: 1-56-053 **Velocidad de amasado :** 80 rpm

α :	-0.076	Nm/min
β :	0.048	Nm/min
γ :	-0.002	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7.42	1.077	31.6	0.044	9.10
CS	8.00	1.067	31.6		N.D.
C2	17.33	0.556	61.2		
C3	23.00	0.725	80.0		
C4	30.00	0.705	87.1		
C5	45.00	1.187	55.1		



UPEC

Amasado

1/1

Nº de aparato : 918

Versión4.1.3.16+4.1t

Figura 51. Reporte del análisis funcional en la muestra de harina de amaranto, tratamiento T₀ repetición 4; usando el Mixolab 2.

UPEC-T1 522 R4		V:4.1.3.16+4.1t		N° de aparato :918							
Universidad Politecnica Estatal Carchi						2986	1,078	1,133	65.53	51.2	56.9
Tulcan						2987	1,109	1,137	65.57	51.2	56.9
Ecuador						2988	1,163	1,139	65.60	51.1	56.9
92390 VILLENEUVE LA GARENNE						2989	1,179	1,136	65.64	51.1	56.9
Fecha :10/03/2025						2990	1,15	1,134	65.67	51.1	56.9
Hora :15:39						2991	1,123	1,137	65.71	51.0	56.9
Muestra :						2992	1,092	1,143	65.74	51.0	56.8
Protocolo :Chopin+						2993	1,138	1,148	65.78	51.0	56.8
Peso de masa :						2994	1,109	1,145	65.82	51.0	56.8
Temperatura del depósito						2995	1,206	1,142	65.85	50.9	56.7
30 °C						2996	1,137	1,143	65.89	50.9	56.7
Velocidad de amasado						2997	1,116	1,145	65.92	50.9	56.7
80 rpm						2998	1,141	1,151	65.96	50.9	56.6
Hydration						2999	1,136	1,151	65.99	50.9	56.6
52.2 %						3000	1,202	1,148	66.03	50.9	56.6
Contenido de humedad :						3001	1,196	1,145	66.06	50.9	56.6
3.1 %						3002	1,159	1,144	66.10	50.9	56.6
base 14% (b14)						3003	1,134	1,144	66.14	50.9	56.6
Tempo (min)						3004	1,127	1,146	66.17	50.9	56.6
Par (Nm)						3005	1,17	1,147	66.21	50.9	56.6
Temperatura de masa : (°C)						3006	1,2	1,144	66.24	50.9	56.6
Amp. (Nm)						3007	1,111	1,139	66.28	50.9	56.5
Estab. (min)						3008	1,1	1,142	66.31	50.9	56.5
C1						3009	1,118	1,147	66.35	50.9	56.5
CS						3010	1,118	1,148	66.38	50.9	56.5
C2						3011	1,128	1,147	66.42	51.0	56.5
C3						3012	1,138	1,145	66.46	51.0	56.4
C4						3013	1,147	1,141	66.49	51.0	56.4
C5						3014	1,118	1,145	66.53	51.0	56.4
Alfa						3015	1,106	1,148	66.56	51.0	56.4
Beta						3016	1,197	1,15	66.60	51.0	56.4
Gamma						3017	1,212	1,146	66.63	51.1	56.4
-0.076						3018	1,172	1,142	66.67	51.1	56.4
0.048						3019	1,116	1,145	66.70	51.1	56.4
-0.002						3020	1,149	1,15	66.74	51.1	56.4
Tiempo (s)						3021	1,121	1,152	66.78	51.1	56.4
Par bruto (Nm)						3022	1,209	1,152	66.81	51.1	56.3
Par alisado (PA)						3023	1,188	1,152	66.85	51.1	56.3
Temperatura						3024	1,166	1,153	66.88	51.1	56.3
Temperatura						3025	1,102	1,154	66.92	51.1	56.3
0						3026	1,114	1,158	66.95	51.0	56.3
0.002						3027	1,172	1,161	66.99	51.0	56.2
0.014						3028	1,168	1,158	67.03	51.0	56.2
0.018						3029	1,167	1,154	67.06	51.0	56.1
0.022						3030	1,116	1,155	67.10	51.0	56.1
0.027						3031	1,124	1,151	67.13	51.0	56.1
0.035						3032	1,169	1,163	67.17	50.9	56.1
0.046						3033	1,157	1,167	67.21	50.9	56.1
0.06						3034	1,212	1,162	67.24	50.9	56.1
0.076						3035	1,164	1,159	67.28	50.9	56.1
0.094						3036	1,128	1,162	67.31	50.8	56.0
0.111						3037	1,142	1,165	67.35	50.8	56.0
0.113						3038	1,196	1,169	67.39	50.8	56.0
0.127						3039	1,222	1,167	67.42	50.8	55.9
0.132						3040	1,204	1,166	67.46	50.7	55.9
0.155						3041	1,186	1,168	67.50	50.7	55.9
0.178						3042	1,112	1,174	67.53	50.7	55.9
0.205						3043	1,137	1,178	67.57	50.7	55.9
0.231						3044	1,221	1,176	67.60	50.7	55.9
0.26						3045	1,169	1,176	67.64	50.7	55.9
0.287						3046	1,2	1,174	67.68	50.7	55.9
0.314						3047	1,133	1,175	67.71	50.7	55.9
0.342						3048	1,171	1,177	67.75	50.7	55.8
0.369						3049	1,197	1,18	67.79	50.7	55.8
0.396						3050	1,231	1,177	67.82	50.7	55.8
0.426						3051	1,203	1,173	67.86	50.7	55.7
0.455						3052	1,139	1,172	67.90	50.7	55.7
0.485						3053	1,154	1,171	67.93	50.7	55.7
0.511						3054	1,177	1,176	67.97	50.7	55.6
0.536						3055	1,182	1,18	68.01	50.7	55.6
0.559						3056	1,159	1,177	68.04	50.7	55.6
0.581						3057	1,206	1,176	68.08	50.7	55.6
0.6						3058	1,129	1,175	68.12	50.8	55.6
0.62						3059	1,149	1,178	68.15	50.8	55.6
0.639						3060	1,175	1,179	68.19	50.8	55.6
0.655						3061	1,174	1,178	68.23	50.8	55.6
0.67						3062	1,219	1,173	68.26	50.8	55.6
0.68						3063	1,216	1,172	68.30	50.8	55.6
0.698						3064	1,153	1,174	68.33	50.8	55.6
0.71						3065	1,143	1,176	68.37	50.8	55.6
0.717						3066	1,192	1,177	68.41	50.8	55.6
0.722						3067	1,179	1,175	68.44	50.8	55.6
0.724						3068	1,206	1,175	68.48	50.8	55.5
0.73						3069	1,178	1,173	68.52	50.8	55.5
0.732						3070	1,134	1,175	68.55	50.8	55.5
0.736						3071	1,169	1,178	68.59	50.8	55.5
0.737						3072	1,181	1,178	68.63	50.8	55.4
0.74						3073	1,206	1,178	68.66	50.8	55.4
0.742						3074	1,179	1,174	68.70	50.8	55.4
0.749						3075	1,165	1,174	68.74	50.8	55.4
0.751						3076	1,164	1,177	68.77	50.8	55.4
0.753						3077	1,157	1,18	68.81	50.8	55.4
0.755						3078	1,179	1,18	68.85	50.8	55.4
0.756						3079	1,195	1,178	68.88	50.8	55.4
0.757						3080	1,18	1,178	68.92	50.8	55.4
0.758						3081	1,18	1,177	68.96	50.8	55.4
0.759						3082	1,144	1,181	68.99	50.7	55.4
0.76						3083	1,211	1,182	69.03	50.7	55.4
0.761						3084	1,211	1,18	69.07	50.7	55.4
0.762						3085	1,189	1,177	69.10	50.7	55.3
0.763						3086	1,192	1,175	69.14	50.7	55.3
0.764						3087	1,138	1,179	69.17	50.7	55.3
0.765						3088	1,211	1,181	69.21	50.6	55.3
0.766						3089	1,163	1,18	69.25	50.6	55.3
0.767						3090	1,204	1,182	69.28	50.6	55.3
0.768						3091	1,19	1,182	69.32	50.5	55.3
0.769						3092	1,136	1,185	69.36	50.5	55.2
0.77						3093	1,148	1,189	69.39	50.5	55.2
0.771						3094	1,148	1,19	69.43	50.5	55.2
0.772						3095	1,222	1,189	69.47	50.5	55.1
0.773						3096	1,205	1,185	69.51	50.5	55.1
0.774						3097	1,146	1,184	69.54	50.5	55.1
0.775						3098	1,22	1,186	69.58	50.5	55.1
0.776						3099	1,195	1,189	69.62	50.5	55.1
0.777						3100	1,241	1,187	69.65	50.4	55.1
0.778						3101	1,23	1,187	69.69	50.4	55.1
0.779						3102	1,188	1,187	69.73	50.4	55.1
0.78						3103	1,184	1,187	69.76	50.4	55.1
0.781						3104	1,135	1,187	69.80	50.5	55.1
0.782						3105	1,193	1,187	69.84	50.5	55.1
0.783						3106	1,214	1,187	69.87	50.5	55.1
0.784						3107	1,215	1,187	69.91	50.5	55.0
0.785						3108	1,168	1,187	69.95	50.5	55.0
0.786						3109	1,127	1,187	69.98	50.5	55.0
Temperatura de laboratorio								°C			
Higrometría del laboratorio								%			
Contenido de humedad								%			
Proteínas								%			
Almidón danado								UCD			
Zeteny								ml			
Cenizas								%			
Gluten								%			
Falling Number								#			
Molino											
Tasa de extracción								%			
P								mmH2O			
L								mm			
G											
W								10E-4J			
pH											
le								%			
Hydration								%			
Comentarios :								base 14% (b14)			
Absorción								amasado			
Gluten +								viscosidad			
amilasas								retrogradación			
1								5			
6								0			
5								3			
Amasadora n°								1			
Ensayo con ajuste de temperatura								0.96			
K harina								1			
Auto cero								1			

Figura 52. Data del análisis funcional en la muestra de harina de amaranto, tratamiento T₀ repetición 4; usando el Mixolab 2.

Anexo 7. Análisis reológico de las harinas de amaranto con chocho

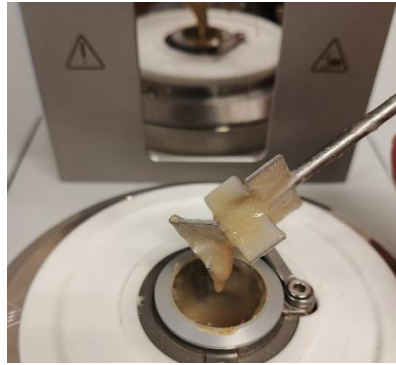


Figura 53. Análisis reológico con la celda de pasteado.

Test Info	T0 100% Amaranto R1.
Test created by operator:	REOMETRO
Test creation date:	27/5/2025 8:31:49
Origin of project:	Starch gelation
Rheometer:	MCR 302e SN83994166
Measuring System:	ST24-2D/2V/2V-30 SN113049

Sample Info	T0 100% Amaranto R1.
Sample name:	T0 100% Amaranto R1.
Batch No.:	
Description:	T0 100% Amaranto R1.

Result Data	
a) Peak Viscosity	eta = 558,5 cP; t = 13 min
b) Peak Time	t = 13 min; eta = 558,5 cP
c) Pasting Temperature	T = 65,7 °C; eta = 12,18 cP; t = 3,52 min
d) Peak Temperature	T = 95 °C; eta = 558,5 cP; t = 13 min
e) Holding Strength	eta = 534,8 cP; t = 13,1 min
f) Breakdown	eta = 23,75 cP
g) Final Viscosity	t = 22,8 min; eta = 934 cP
h) Setback from Peak	eta = -375,5 cP
i) Setback from Trough	eta = 910,3 cP

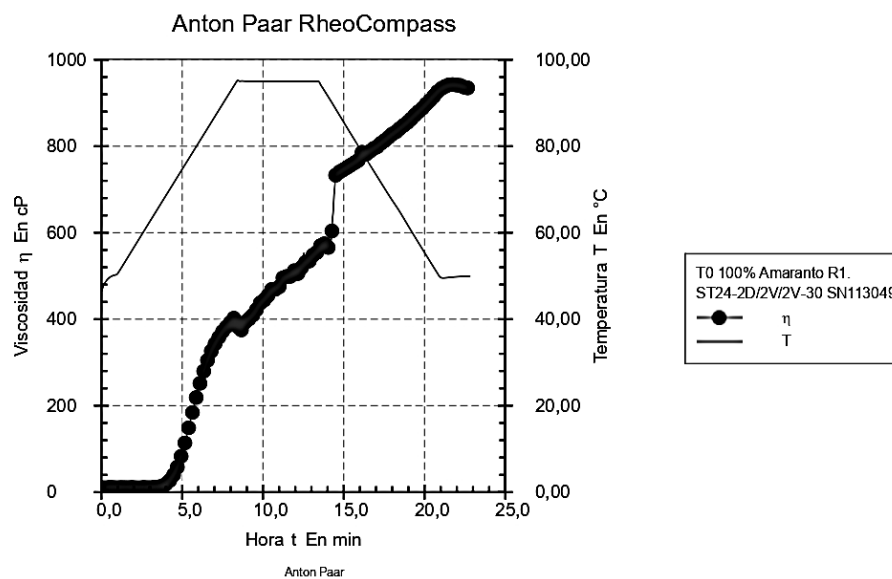


Figura 54. Reporte del análisis reológico del tratamiento T₀, repetición 1.

Anexo 8. Análisis microbiológico de las harinas amaranto con chocho.

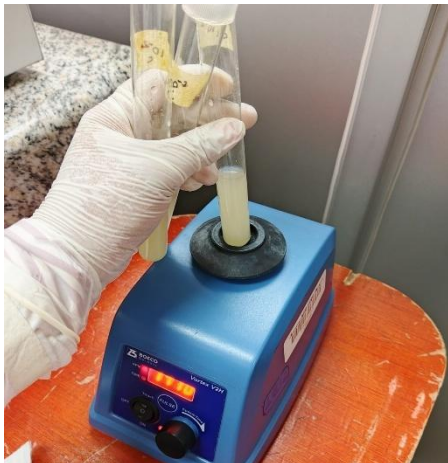


Figura 55. Preparación de las muestras para el análisis microbiológico.



Figura 58. Resultados del crecimiento de *E. coli* y Coliformes.

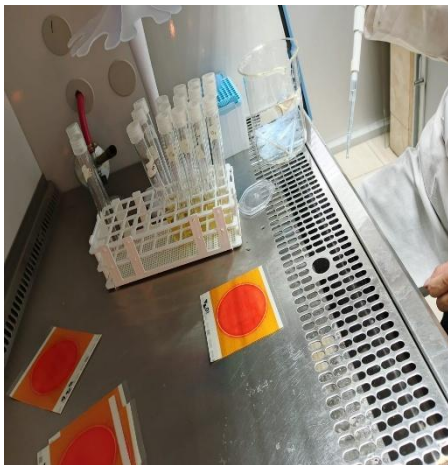


Figura 56. Siembra microbiológica en las placas petrifilm.



Figura 59. Resultados del crecimiento de *Salmonella*.



Figura 57. Incubación de las placas petrifilm para mohos y levaduras.



Figura 60. Resultados del crecimiento de *Aerobios mesófilos*.

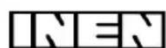


Figura 61. Resultados del crecimiento de *mohos* y *levaduras*.



Figura 62. Conteo de las colonias.

Anexo 9. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 616:2006
Tercera revisión

HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.

Primera Edición

WHEAT FLOUR. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Trigo, harina, productos de molinería.

AL 02 02 401
CDU: 664.633.11
CIU: 3116
ICS: 67.060

Figura 63. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 1.

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.	NTE INEN 616:2006 Tercera revisión 2006-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a la harina de trigo fortificada o enriquecida que se destina al consumo directo y al uso industrial, principalmente para la elaboración de pan, pastas, fideos y galletas.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Harina de trigo. Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (<i>Triticum vulgare</i>, <i>Triticum durum</i>) hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).</p> <p>3.2 Grado de extracción. Es el rendimiento, en porcentaje de harina, que se obtiene en kilogramos por cada 100 kg de trigo limpio.</p> <p>3.3 Gluten. Es una sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina.</p> <p>3.4 Leudante. Es toda sustancia química u organismo que en presencia de agua, con o sin acción del calor, provoca la producción de anhídrido carbónico.</p> <p>3.5 Harina autoleudante. Es la harina que contiene una cierta cantidad de sustancias leudantes.</p> <p>3.6 Harina fortificada. Es la harina que contiene agregados de vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes. El producto que corresponde a esta definición debe contener todos los elementos de enriquecimiento descritos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN</p> <p>La harina de trigo, de acuerdo a su uso se clasifica en:</p> <p>4.1 Harina panificable</p> <p>4.1.1 Extra. Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <p>4.2 Harina integral. Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de éste, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: trigo, harina, productos de molinería</p>		

Figura 64. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 2.

4.3 Harinas especiales. Son harinas con un grado de extracción bajo, como lo permita el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes, que pueden ser tratadas con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.1 Harina para pastificio. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos aptos para estos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.2 Harina para galletas. Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con otros trigos aptos para su elaboración, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.3 Harina autoleudante. Es el producto definido en 4.3, que contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.4 Harina para todo uso. Es el producto definido en 3.1, proveniente de las variedades de trigo Hard Red Spring o Northern Spring Hard Red Winter, homólogos canadienses y trigos de otros orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos, galletas, etc. Tratada o no con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Generales

5.1.1 La harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento, que se determinará de acuerdo a la NTE INEN 528.

5.1.2 La harina de trigo debe tener el olor y sabor característico del grano de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento.

5.1.3 La harina de trigo presentará ausencia total de otro tipo de harina, tal como se define en 2.1.

5.1.4 No deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.

5.1.5 Debe estar libre de excretas animales.

5.1.6 Cuando la harina de trigo sea sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo 95% deberá pasar por un tamiz INEN 210 μm (No. 70).

5.2 Generales de aditivos

5.2.1 Agentes leudantes

5.2.1.1 Las harinas autoleudantes pueden contener agentes leudantes, tales como: bicarbonato de sodio y fosfato monocalcico o pirofosfato ácido de sodio o tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de sodio y aluminio.

5.2.1.2 Las harinas autoleudantes pueden contener, a más del agente leudante: grasas, sal, azúcar, emulsificantes, saborizantes, sustancias de enriquecimiento y otros ingredientes autorizados.

5.2.1.3 Bicarbonato de sodio y fosfato monocalcico, leudante artificiales más comunes, pueden usarse combinados hasta un límite máximo de 4,5% (m/m).

5.2.2 Mejoradores y/o blanqueadores

5.2.2.1 Cloro; blanqueador de harina, máximo 100 mg/kg, sólo en harinas destinadas para repostería.

(Continúa)

Figura 65. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 3.

5.2.2.2 Dióxido de cloro; blanqueador y madurador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.3 Peróxido de benzoilo; blanqueador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.4 Ácido ascórbico; mejorador de harina, máximo 200 mg/kg .

5.2.2.5 Azodicarbonamida; mejorador de harina, máximo 45 mg/kg .

5.2.2.6 Bromato de potasio; no se admite su uso en harinas para panificación y su valor determinado según la NTE INEN 525 debe ser "ausencia".

5.2.3 Sustancias de fortificación

5.2.3.1 Todas las harinas de trigo, independientemente de sí, son blanqueadas, mejoradas. con productos málticos, enzimas diastásicas, leudantes, etc., deberán ser fortificadas con las siguientes sustancias micronutrientes, de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

TABLA 1. Sustancias de fortificación.

SUSTANCIAS	UNIDAD	REQUISITO MÍNIMO
Hierro reducido o micronizado	mg/kg	55,0
Tiamina (vitamina B ₁)	mg/kg	4,0
Riboflavina (vitamina B ²)	mg/kg	0,0
Niacina	mg/kg	40

5.3 Requisitos físicos y químicos, se indican en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.

REQUISITOS	Unid.	Harina panificable		Harina Integral		Harinas especiales						Harinas para todo uso		Método de ensayo		
		Extra		Min.	Máx.	Pastificios		Galletas		Autoleud.		Min.	Máx.			
		Min.	Máx.			Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.					
Humedad	%	-	14,5	-	15	-	14,5	-	14,5	-	14,5	-	14,5	-	14,5	NTE INEN 518
Proteína (base seca)	%	10	-	11	-	10	-	9	-	9	-	9	-	9	-	NTE IN EN 519
Cenizas (base seca)	%	-	*0,75	-	2,0	-	0,8	-	0,75	-	3,5	-	0,85	-	0,85	NTE INEN 520
Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	%	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	NTE INEN 521
Gluten húmedo	%	25	-	-	-	23	-	23	-	23	-	25	-	25	-	NTE INEN 529

* Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%.

(Continúa)

5.4 Requisitos microbiológicos. La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Limite máximo	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	100 000	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	ufc/g	100	NTE INEN 1 529-7
E. Coli	ufc/g	0	NTE INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25 g	0	NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	500	NTE INEN 1 529-10

5.4.1 Para la aceptación de lotes (o partidas) de harina, se debe cumplir con los requisitos microbiológicos del Anexo A.

6. INSPECCIÓN

6.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 617.

6.2 Criterios de aceptación y rechazo

6.2.1 Defectos críticos corresponde al incumplimiento de los requisitos establecidos en 5.4 y Anexo A, con el consiguiente rechazo del lote.

6.2.2 Defectos mayores; corresponde al incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en 5.1, 5.2 y 5.3.

En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre las muestras reservadas para el efecto. Si se repite en el análisis un requisito no satisfactorio, la decisión de aceptación o rechazo del lote se tomará en común acuerdo entre el comprador y el vendedor, según el plan de muestreo acordado y a lo estipulado en la NTE INEN 617.

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 La harina de trigo debe almacenarse en sitios que se encuentren ventilados, protegidos de la humedad, infestación y/o contaminantes.

7.2 Envasado. La harina debe envasarse en recipientes limpios, resistentes a la acción del producto, de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto.

7.3 Rotulado. Los envases deben llevar etiquetas de material que pueda ser cocido o de fácil adherencia a los mismos. Cada etiqueta llevará impresa, con características legibles e indelebles, la siguiente información:

- a) número de Registro Sanitario,
- b) número de identificación del lote,
- c) designación del producto, ejemplo: "Harina de trigo panificable extra fortificada",
- d) marca comercial registrada,

(Continúa)

- e) razón social del fabricante,
- f) ingredientes, se mencionarán por sus nombres específicos, ejemplo: trigo, hierro, tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), ácido fólico, niacina, y otros como blanqueadores, mejoradores, etc. en caso de que sean agregados, en orden decreciente de sus masas. Para envases pequeños de plástico o papel, deberá registrarse la fórmula cuantitativa de sus componentes.
- g) contenido neto expresado en unidades del SI,
- h) fecha de elaboración,
- i) fecha de caducidad o duración mínima,
- j) instrucciones para su conservación,
- k) norma, NTE INEN, de referencia,
- l) lugar de origen (ciudad, país), y
- m) en caso de exportación, podrá agregarse cualquier información adicional que el país de destino así lo exija.

(Continúa)

Figura 68. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 6.

ANEXO A

A.1 Podrán aceptarse los lotes (o partidas) de harina que cumplan con los requisitos microbiológicos del programa de atributos constante en la tabla A.1.

TABLA A.1 Requisitos microbiológicos de la harina (lotes o partidas)

Requisitos	Unidad	n	e	m	M	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	5	1	10^5	10^6	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	ufc/g	5	2	10^2	10^3	NTE INEN 1 529-7
E. coli	ufc/g	5	2	0		NTE IN EN 1 529-8
Salmonella	ufc/25 g	5	0	0		NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	5	2	5×10^2	10^3	NTE INEN 1 529-10

En donde:

- n = número de muestras de lote que deben analizarse,
- c = número de muestras defectuosas aceptables,
- m = límite de aceptación,
- M = límite de rechazo.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 517:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de las partículas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 519:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la proteína.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 520:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la ceniza.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 521 :1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 522:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 523:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la grasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 525:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación del bromato de potasio en harinas blanqueadas y en harina integral. (Método cualitativo y cuantitativo).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 526:1981	<i>Harina de origen vegetal. Determinación de la concentración del ion hidrógeno.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 528:1981	<i>Harina de trigo. Apreciación del color.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 529:1981	<i>Harina de trigo. Determinación del gluten.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 530:1981	<i>Harina de trigo. Ensayo de panificación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 531:1981	<i>Harina de trigo. Determinación de la sedimentación.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 617:1981	<i>Harina de origen vegetal. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-5:1995	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-7:1996	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-8:1996	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y E. coli.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-10:1996	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de mohos y levaduras viables.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-15:1996	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la presencia o ausencia de salmonella.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma Venezolana COVENIN 217 (*Harina de trigo* (2da. revisión). Comisión Venezolana de Norma Industriales, Caracas. 1989.
- Norma Colombiana ICONTEC 267. *Harina de trigo para panificación*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá. 1986 (2da. revisión).
- Norma Centroamericana ICATI 34083. *Harina de origen vegetal. Harina de trigo*. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. 1986.
- Norma Española UNE 34400. *Harina de trigo*. Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. Madrid. 1952.

(Continúa)

Figura 70. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 8.

Codex Alimentarius Volumen XVIII. *Normas del Códex para cereales, legumbres y productos*. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias.

Microbiología de los Alimentos; W. C. FRAZIER. *Contaminación, conservación y alteración de los cereales y productos derivados*. Zaragoza. 1976.

Joint FAO/WHO *Expert Committee on Food Additives* (JECFA) Food Additives (Uses other than as flavoring agents) Database Roma, 2005.

Decreto Ejecutivo 4139 del Ministerio de Salud Pública. *Reglamento de fortificación y enriquecimiento de la harina de trigo en Ecuador para la prevención de las anemias nutricionales*. Expedido en Quito en 1996-08-09 y publicado en el Registro Oficial No. 1 008 en 1996-08-10.


Figura 71. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 9.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 616 Tercera revisión	TÍTULO: HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.	Código: AL 02.02-401
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-01-28 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo No. 0163 de 1998-03-16 publicado en el Registro Oficial No. 286 de 1998-03-30 Fecha de iniciación del estudio: 2005-02-17	
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		
Subcomité Técnico: HARINAS		
Fecha de iniciación: 2005-08-24		Fecha de aprobación: 2005-08-24
Integrantes del Subcomité Técnico:		
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
Carlos Guerrero (Presidente)	MOLINOS "LA UNIÓN"	
Ángel Ulloa	UTA-FCIAL	
Juan Jalil	SUPAN	
Isidro Cayambe	MOLINIO ELECTRO MODERNO	
Carlos San Lucas	SUPAN	
Ivo Klanc	MOLINOS DEL ECUADOR	
Daniel Rivero	MOLINOS POULTIER	
Eduardo López	MOLINOS POULTIER	
Loyde Triana	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE DE GUAYAQUIL	
Ramiro Ruano	MOLINERA MANTA	
Jorge Carvajal	MICIP	
Alexandra Asimbaya	GRUPO SUPERIOR	
Erika Mosquera	LA INDUSTRIA HARINERA	
Hernán Riofrío	DIRECCIÓN METROPOLITANA DE SALUD	
Gloria Bajaña	ESPOL	
Gonzalo Arteaga (Secretario Técnico)	INEN	
Otros trámites: ♦ ¹⁰ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA , pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA , según Resolución Ministerial y oficializada mediante Resolución No. 14158 de 2014-04-21, publicado en el Registro Oficial No. 239 del 2014-05-06.		
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2005-12-14		
Oficializada como: Obligatoria	Por Acuerdo Ministerial No. 06-024 de 2006-01-12	
Registro Oficial No. 195 de 2006-01-25		

Figura 72. NTE INEN 616:2006 sobre los requisitos de la harina de trigo; página 10.

Anexo 10. Informe de resultados de fibra para las harinas de amaranto y chocho

 <p>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</p>	<p>DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador</p>	<p>CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04</p>	 <p>DECAB DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA</p>
	<p>ISO/IEC 17025</p>	<p>FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26</p> <p>VERSIÓN: 04</p>	

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO O TRABAJO

CLIENTE/EMPRESA: MALDONADO PEDRO
Persona de contacto: PEDRO MALDONADO
Dirección cliente: OSUECIA FILANCIA
Correo electrónico: pedro.maldonado@epn.edu.ec
Fecha de muestreo: No aplica
Referencia al plan y método de muestreo: No aplica
Fecha de recepción muestra en SC: 2025-02-21
Fecha de realización análisis: 2025-02-21
Fecha de emisión informe: 2025-04-02
Condiciones ambientales (T, HR): No aplica

INFORME No: IE-BR-25-009
Teléfono: 0998798911
Fax:
Tipo de muestra: Sólida

ORDEN DE TRABAJO: DC-OTI0050-2025

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	CI-BR-25-007	Galleta de amaranto-chocho: T1	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
2	CI-BR-25-008	Galleta de amaranto-chocho: T2	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
3	CI-BR-25-009	Galleta de amaranto-chocho: T3	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología


No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
4	CI-BR-25-010	Galleta de amaranto-chocho: T4	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
5	CI-BR-25-011	Galleta de amaranto-chocho: T5	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología

INFORME No: IE-BR-25-009

Página 1 de 5

Figura 73. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 1.

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSIÓN: 04	

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
6	CI-BR-25-012	Galleta de amaranto-chocho: H.A	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
7	CI-BR-25-013	Galleta de amaranto-chocho: H.C	<ul style="list-style-type: none"> Fibra dietética total Fibra dietética insoluble Fibra dietética soluble 	Bromatología



RESULTADOS

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-007	Fibra Dietética Total	7,24	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		6,75		
		6,38		
	Fibra Insoluble	3,37	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		2,94		
		2,33		
Fibra soluble	3,87	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482	
	3,82			
	4,05			

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-008	Fibra Dietética Total	8,51	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		9,04		
		8,82		
	Fibra Insoluble	2,77	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		2,77		
		2,80		
Fibra soluble	5,74	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482	
	6,27			
	6,02			

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-009	Fibra Dietética Total	11,91	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		12,14		
		11,68		

Figura 74. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 2.

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
	ISO/IEC 17025	FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26 VERSIÓN: 04	

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
	Fibra Insoluble	4,77	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		4,80		
		4,29		
	Fibra soluble	7,14	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		7,34		
		7,39		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-010	Fibra Dietética Total	18,58	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		18,46		
		17,73		
	Fibra Insoluble	14,03	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		13,66		
		13,45		
	Fibra soluble	4,55	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		4,80		
		4,29		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-011	Fibra Dietética Total	21,05	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		20,12		
		20,31		
	Fibra Insoluble	13,95	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		12,93		
		13,66		
	Fibra soluble	7,11	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		7,19		
		6,65		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-012	Fibra Dietética Total	11,28	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		11,26		
		11,55		
	Fibra Insoluble	3,06	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		3,07		
		3,41		
	Fibra soluble	8,22	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric

Figura 75. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 3.

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf. 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSIÓN: 04	

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
		8,19		Food Chem 1983;31;476-482
		8,14		

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
CI-BR-25-013	Fibra Dietética Total	24,85	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		25,06		
		28,55		
	Fibra Insoluble	21,35	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		21,41		
		24,82		
	Fibra soluble	3,50	g/100 g muestra	Asp.N-G J. Agric Food Chem 1983;31;476-482
		3,65		
		3,73		

COMENTARIOS: 1 parámetros que cubren la acreditación (ver alcance específico en <https://www.acreditacion.gob.ec/>)

Realizado por: Ing. Mauricio Criollo MBA

Aprobado por: PhD Edwin Vera



Firmado electrónicamente por:
MAURICIO JULIO
CRIOLLO APOLO

Analista DECAB

Firmado digitalmente por
EDWIN RAFAEL VERA
CALLE
Razón: Estoy aprobando
este documento

Responsable de Calidad DECAB



CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

- Toda la información obtenida o creada durante la ejecución de las actividades del laboratorio es confidencial, excepto por información que el cliente haya puesto al alcance del público o cuando haya sido acordado entre el laboratorio y el cliente (ej. gestión de quejas, encuestas).
- El laboratorio declara que la información completa relativa a los ensayos solicitados está a disposición del cliente, cuando así lo requiera.
- Cuando la ley exija al laboratorio revelar información confidencial o cuando el laboratorio esté autorizado por acuerdos contractuales para revelar información confidencial, el cliente o persona involucrada, a menos que lo prohíba la ley, será notificado sobre la información suministrada.
- Cuando el cliente solicite una declaratoria de conformidad, se definirá la especificación o la norma y la regla de decisión. La regla de decisión seleccionada se comunicará y acordará con el cliente, a menos que esta sea inherente a la especificación o a la norma solicitada.
- El cliente puede canalizar las quejas sobre los resultados de los análisis, sobre el tiempo de entrega del informe, u otro aspecto, a través del Jefe del DECAB, o de la persona Encargada de Recepción de Muestra y Atención al Cliente, ya sea en forma verbal o en forma escrita hasta 8 días después de la entrega del informe. En el DECAB se mantiene un registro de quejas y sugerencias con el fin de mejorar el Servicio al Cliente.

INFORME No: IE-BR-25-009

Página 4 de 5

Figura 76. Resultados de fibra de las harinas de amaranto y chocho, página 4.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	 DECAB <small>DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA</small>
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025			

- El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo realizado antes de la entrega de las muestras al DECAB, pero sí se responsabiliza de las muestras, tal como se las recibe.
- El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.
- Los resultados reportados en este informe son únicamente referentes al ítem ensayado.