

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE ALIMENTOS

**Tema: “Evaluación de galletas elaboradas con harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) con nanopartículas de carbonato de calcio”.**

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

AUTORAS: Campués Cholca Pamela Lisbeth  
Pérez Vozmediano Jamileth

TUTOR: MSc. Burbano Pulles Marco Rubén PhD

Tulcán, 2025.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes Campúes Cholca Pamela Lisbeth y Pérez Vozmediano Jamileth con el número de cédula 1755363767 y 1726584657 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de galletas elaboradas con harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) con nanopartículas de carbonato de calcio".

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.

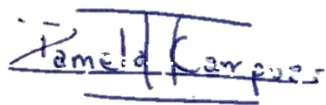
**TUTOR**

Tulcán, septiembre de 2025

## AUTORÍA DE TRABAJO

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

Nosotras, Campués Cholca Pamela Lisbeth y Pérez Vozmediano Jamileth con cédula de identidad número 1755363767 y 1726584657 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.



---

Campués Cholca Pamela Lisbeth

**AUTORA**



---

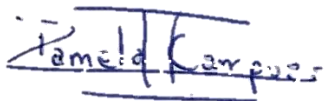
Pérez Vozmediano Jamileth

**AUTORA**

Tulcán, septiembre de 2025

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras Campués Cholca Pamela Lisbeth y Pérez Vozmediano Jamileth declaramos ser autoras de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de galletas elaboradas con harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) con nanopartículas de carbonato de calcio" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Campués Cholca Pamela Lisbeth

**AUTORA**



---

Pérez Vozmediano Jamileth

**AUTORA**

Tulcán, septiembre de 2025

## AGRADECIMIENTO

Quisiera comenzar expresando mi más sincero agradecimiento a Dios por siempre ser esa luz y esperanza al final del camino que todos necesitamos.

A mi familia, especialmente a mis padres, les agradezco por siempre estar presentes en todo momento brindándome su amor incondicional y su apoyo constante, sintiéndose orgullosos de mis logros como si fueron suyos. A mis hermanos, por sus palabras de aliento, por ser mis pilares en los momentos difíciles y sobre todo ayudándome siempre en lo que necesitaba. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

De manera especial agradezco a Jamileth Pérez, quien es una de las personas que se convirtió en uno de los pilares importantes en este transcurso, manteniéndome de pie en momentos difíciles, pues con ella siempre todo es más fácil, por eso se convirtió no solo en mi amiga si no en mi hermana.

A mis amigos y compañeros, gracias por su apoyo en los momentos de estrés y alegría. Ustedes fueron mi red de contención y su amistad me ayudó a mantener el ánimo en los momentos más duros.

A mi tutor de tesis, el PhD. Marco Burbano, cuya experiencia, paciencia y apoyo constante fueron fundamentales para la realización de este trabajo. Además, fue quien nos brindó la oportunidad de pertenecer al proyecto " 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".

Finalmente, agradezco a todo el cuerpo docente de la carrera de alimentos por su predisposición y apoyo en todo momento del camino universitario.

A todos, gracias por ser parte de este viaje.

**Pamela Lisbeth Campués Cholca**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme fortaleza en momentos de debilidad, por darme sabiduría y esperanza para poder culminar mis estudios con éxitos.

A mis padres, por confiar en su pequeña hija desde el principio, por apoyarme en cada decisión, por sus consejos y sus mensajes de apoyo en todo momento, por todo el sacrificio realizado para ayudarme a culminar esta etapa.

A mi hermano, quien ha sido mi ejemplo para seguir por ayudarme, guiarme, cuidarme y sobre todo apoyarme durante toda esta etapa.

A mis amigos, Jhaer, Katty y José por ser más que eso, por convertirse en familia, por ser compañeros de alegrías y tristezas, por darme apoyo y cariño cuando más lo he necesitado, gracias por tantos momentos y anécdotas recolectadas en esta hermosa etapa.

A mi amiga, Pamela Campués por convertirse en mi hermana, por ser mi apoyo y nunca dejarme caer, por ser mi cómplice en cada momento, cada locura, por hacerme parte de su familia, gracias por tanto mi niña.

A toda mi familia por siempre estar pendiente durante esta etapa y por confiar en mí.

A mi tutor, PhD. Marco Burbano por su acompañamiento durante todo el proceso, por su apoyo, por confiar en nosotras siempre y por regalarnos su amistad.

A todo el cuerpo docente de la carrera de alimentos por siempre mostrar confianza en nosotras, por ayudarnos y apoyarnos para realizar nuestro trabajo de manera excepcional.

**Jamileth Pérez Vozmediano**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de titulación realizado con todo el esmero, dedicación y amor por parte mía, de mi amiga y compañera de Tesis Jamileth Pérez, se lo dedico a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Se lo dedico a mis padres Arturo Campués y Guadalupe Cholca, a mis hermanos Verónica, Emma y Jaime Campués, quienes juntos miraron mi crecimiento, esfuerzo y sacrificio para conseguir esta meta y sueño que hoy se hace realidad.

Esto va para la persona que vivió conmigo todo este proceso, desde el inicio hasta el final, y que sin pensar se convirtió en mi compañera de tesis Jamileth Pérez.

**Pamela Lisbeth Campués Cholca**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios por ser mi soporte y brindarme sabiduría durante esta hermosa etapa.

A mis padres, Renan Pérez y Rosario Vozmediano por que juntos logramos esto, porque somos un equipo y este gran logro es de nosotros, trabajamos juntos por esto. Su apoyo y cariño hizo que las desveladas, los desánimos, las tristezas y angustias no interfirieran en mi objetivo de finalizar esta etapa con éxito, hoy puedo decir finalmente que su bebé lo logró.

A mi hermano, mi otra mitad, Jahir Pérez por su cariño y sus consejos para poder seguir adelante, gracias por cuidar a tu pequeña hermana.

A mis amigos, Jhaer, Katty y José por ayudarme, guiarme, aconsejarme, regañarme cuando era necesario y acompañarme en todo momento.

A mi amiga, compañera de tesis y futura colega, Pamela porque este logro es de las dos, las penas y las angustias se sintieron menos a su lado y las alegrías y emociones se celebraron el doble junto a ella.

A quien fue mi compañero desde el inicio hasta el fin de esta etapa, Sekiro, mi pequeño gato, mi consentido, gracias por regalarme tantas alegrías, por esperar siempre a que mamá regresé a casa para darle todo el amor que tenías, por acompañarme en cada noche de desvelo, besos al cielo mi pequeño. Gracias por tanto amor, te amo siempre.

**Jamileth Pérez Vozmediano**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	18
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	18
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	19
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	20
1.4.1. Objetivo General .....	20
1.4.2. Objetivos Específicos .....	20
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	21
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	22
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	22
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	28
2.2.1. El chocho y el amaranto como alternativas andinas para el desarrollo de productos alimenticios .....	28
2.2.2. Obtención de harinas de chocho .....	29
2.2.3. Obtención de harinas de amaranto .....	31
2.2.4. Propiedades fisicoquímicas de la harina de chocho y amaranto .....	33
2.2.5. Propiedades nutricionales de la harina de chocho y amaranto .....	34
2.2.6. Propiedades funcionales de la harina de chocho y amaranto.....	34
2.2.7. Compuestos bioactivos del chocho y amaranto .....	35
2.2.8. Nanopartículas de Carbonato de Calcio en la Industria Alimentaria .....	36
2.2.9. Elaboración de Galletas .....	37
2.2.10. Efecto de las Nanopartículas en Alimentos.....	41

<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	43
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO</b> .....	43
3.1.1. Enfoque.....	43
3.1.2. Tipo de Investigación.....	43
<b>3.2. HIPÓTESIS</b> .....	44
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b> .....	45
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS</b> .....	47
3.4.1. Evaluación de las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales en la elaboración de galletas .....	47
3.4.2. Tratamientos.....	47
3.4.3. Características del experimento .....	47
3.4.4. Formulación de las galletas .....	48
3.4.5. Variables evaluadas.....	49
3.4.6 Caracterización fisicoquímica.....	49
3.4.7 Caracterización microbiológica .....	51
3.4.8 Caracterización nutricional .....	53
3.4.9 Caracterización reológica y amilásica.....	57
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b> .....	58
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	59
<b>4.1. RESULTADOS</b> .....	59
4.1. 1. Reológicos.....	59
4.1.2 Resultados amilásicos.....	60
4.1.3 Resultados fisicoquímicos.....	67
4.1.4 Resultados microbiológicos .....	70
4.1.5 Resultados nutricionales .....	70
4.1.6 Resultados sensoriales .....	79
<b>4.2. DISCUSIÓN</b> .....	84
4.2.1 Resultados reológicos.....	84

4.2.2 Resultados amilásicos .....	85
4.2.3 Resultados fisicoquímicos .....	87
4.2.4 Resultados microbiológicos .....	89
4.2.5 Resultados nutricionales .....	89
4.2.6 Resultados sensoriales .....	91
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	45
Tabla 2. Ingredientes.....	48
Tabla 3. Porcentajes de sustitución de harina de amaranto y chocho.....	48
Tabla 4. Análisis reológicos .....	49
Tabla 5. Análisis amilásicos .....	49
Tabla 6. Análisis fisicoquímico.....	49
Tabla 7. Análisis microbiológico .....	49
Tabla 8. Análisis nutricional .....	49
Tabla 9. Fuente de variación.....	58
Tabla 10. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para estabilidad.....	59
Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para estabilidad.....	59
Tabla 12. Prueba de Dunn para estabilidad.....	60
Tabla 13. Prueba Shapiro-Wilk de normalidad para Par C1 .....	61
Tabla 14. Prueba de homocedasticidad para Par C1 .....	61
Tabla 15. Análisis de varianza para Par C1 .....	61
Tabla 16. Prueba de Tukey para Par C1 .....	62
Tabla 17. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para tiempo C2.....	63
Tabla 18. Prueba de Kruskal-Wallis para tiempo C2.....	63
Tabla 19. Prueba de Dunn para Tiempo C2. ....	63

Tabla 20. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para Par C2. ....	64
Tabla 21. Prueba de homocedasticidad para Par C2. ....	64
Tabla 22. Análisis de varianza para Par C2. ....	65
Tabla 23. Prueba de Tukey para Par C2. ....	65
Tabla 24. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para temperatura de la masa en C2. .....	66
Tabla 25. Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura de la masa C2. ....	66
Tabla 26. Prueba de Dunn para temperatura de la masa C2. ....	66
Tabla 27. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para humedad. ....	67
Tabla 28. Prueba de homocedasticidad para humedad. ....	67
Tabla 29. Análisis de varianza para humedad. ....	68
Tabla 30. Prueba de Tukey para humedad. ....	68
Tabla 31. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para grasa. ....	69
Tabla 32. Prueba de Kruskal-Wallis para grasa. ....	69
Tabla 33. Prueba de Dunn para grasa. ....	69
Tabla 34. Análisis microbiológicos en galletas de harina y amaranto ....	70
Tabla 35. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para carbohidratos. ....	71
Tabla 36. Prueba de Kruskal-Wallis para carbohidratos. ....	71
Tabla 37. Prueba de Dunn para carbohidratos. ....	71
Tabla 38. Prueba de Shapiro-Wilk normality para proteína. ....	72
Tabla 39. Prueba de homocedasticidad para proteína. ....	72
Tabla 40. Análisis de varianza para proteína. ....	73
Tabla 41. Prueba de Tukey para proteína. ....	73
Tabla 42. Prueba de Shapiro-Wilk normality para fibra. ....	74
Tabla 43. Prueba de homocedasticidad para fibra. ....	74
Tabla 44. Análisis de varianza para fibra. ....	74
Tabla 45. Prueba de Tukey para fibra. ....	74
Tabla 46. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para ceniza. ....	75
Tabla 47. Prueba de homocedasticidad para ceniza. ....	75
Tabla 48. Análisis de varianza para ceniza. ....	76
Tabla 49. Prueba de Tukey para ceniza. ....	76
Tabla 50. Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para energía calórica. ....	77
Tabla 51. Prueba de homocedasticidad para energía calórica. ....	77
Tabla 52. Análisis de varianza para energía calórica. ....	78

Tabla 53. Prueba de Tukey para energía calórica.....	78
Tabla 54. Análisis global de atributos sensoriales.....	83
Tabla 55. Análisis global de atributos sensoriales por letras.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de chocho .....	28
Figura 2. Planta de amaranto .....	29
Figura 3. Diagrama de flujo harina de chocho .....	30
Figura 4. Diagrama de flujo harina de amaranto .....	32
Figura 5. Diagrama de galletas de harina de chocho y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio.....	39
Figura 6. Diagrama de caja y bigote para estabilidad en la prueba de Dunn.....	60
Figura 7. Diagrama de caja y bigote para Par C1 en la prueba de Tukey. ....	62
Figura 8. Diagrama de caja y bigote para Tiempo C2 en la prueba de Dunn.....	64
Figura 9. Diagrama de caja y bigote para Par C2 en la prueba Tukey.....	65
Figura 10. Diagrama de caja y bigote para temperatura de la masa C2 en la prueba de Dunn.....	67
Figura 11. Diagrama de caja y bigote para humedad por la prueba de Tukey. ....	68
Figura 12. Diagrama de caja y bigote para grasa por la prueba de Dunn. ....	70
Figura 13. Diagrama de caja y bigote para carbohidratos por la prueba de Dunn..	72
Figura 14. Diagrama de caja y bigote para proteína por la prueba de Tukey.....	73
Figura 15. Diagrama de caja y bigote para fibra por la prueba de Tukey.....	75
Figura 16. Diagrama de caja y bigote para ceniza por la prueba de Tukey.....	77
Figura 17. Diagrama de caja y bigote para energía calórica por la prueba de Tukey. ....	78
Figura 18. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de color.....	79
Figura 19. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de olor. ....	80
Figura 20. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de sabor.....	81
Figura 21. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de crocancia. ....	81
Figura 22. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de friabilidad. ....	82

Figura 23. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de dureza....	83
Figura 24. Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de aceptabilidad.....	83
Figura 25. Peso de crisoles vacíos para humedad .....	107
Figura 26. Peso de crisoles con muestra para humedad .....	107
Figura 27. Peso de la muestra para ceniza .....	107
Figura 28. Muestras de ceniza después de la calcinación.....	108
Figura 29. Placa Petrifilm para aerobios mesófilos.....	108
Figura 30. Placas Petrifilm para coliformes y E.coli .....	108
Figura 31. Placas Petrifilm para mohos y levaduras .....	109
Figura 32. Placas Petrifilm para Salmonella.....	109
Figura 33. Diagrama de araña para Mixolab .....	109
Figura 34. Preparación de reactivos para fibra en EPN.....	110
Figura 35. Determinación de gluten .....	110

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	103
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	105
Anexo 3. Evidencia.....	107
Anexo 4. Norma INEN 2085: 2005 para galletas.....	111
Anexo 5. Norma colombiana NTC 1241 para galletas .....	116
Anexo 6. Norma mexicana NMX-F-006-1983.....	128
Anexo 7. Ficha de evaluación sensorial.....	133

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar galletas elaboradas con harinas de chocho (variedad INIAP 450) y amaranto (variedad Inti) enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio, con el propósito de ampliar la oferta de alimentos libres de gluten en Ecuador y valorizar los granos andinos autóctonos. Se evaluaron cinco formulaciones con diferentes proporciones de harinas: T0 (100% amaranto), T1 (90% amaranto - 10% chocho), T2 (80% amaranto - 20% chocho), T3 (70% amaranto - 30% chocho) y T4 (60% amaranto - 40% chocho). Se analizaron las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales de las galletas obtenidas. Los resultados mostraron que el tratamiento T4 registró el mayor contenido de humedad (6.18%) y el menor contenido de grasa (9.23%), contrastando con el control T0 que presentó 17.71% de grasa. Mediante el análisis con Mixolab, se determinó que el tratamiento T3 exhibió la menor estabilidad reológica (1.50 min), indicando el tiempo que la masa resistió a fuerza aplicada antes de la ruptura. Los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y nutricionales de todos los tratamientos cumplieron con las especificaciones establecidas en las normas NTE INEN 2085 (Ecuador), NTC 1241 (Colombia) y NMX-F-006-1983 (México). Los resultados demuestran la viabilidad técnica de producir galletas libres de gluten utilizando harinas de granos andinos con características nutricionales y de calidad adecuadas para el consumo.

**Palabras Claves:** Mixolab, harina de chocho, harina de amaranto, propiedades reológicas, propiedades amilásicas.

## ABSTRACT

This research aimed to develop cookies made with lupin (INIAP 450 variety) and amaranth (Inti variety) flours enriched with calcium carbonate nanoparticles, with the purpose of expanding the supply of gluten-free foods in Ecuador and enhancing the value of native Andean grains. Five formulations with different proportions of flours were evaluated: T0 (100% amaranth), T1 (90% amaranth – 10% lupin), T2 (80% amaranth – 20% lupin), T3 (70% amaranth – 30% lupin), and T4 (60% amaranth – 40% lupin). The rheological, amylase, physicochemical, microbiological, nutritional, and sensory properties of the cookies obtained were analyzed. The results showed that treatment T4 had the highest moisture content (6.18%) and the lowest fat content (9.23%), in contrast to the control T0, which had 17.71% fat. By analysis with Mixolab, it was determined that treatment T3 exhibited the lowest rheological stability (1.50 min), indicating the time that the dough resisted applied force before breaking. The physicochemical, microbiological and nutritional parameters of all treatments complied with the specifications established in the NTE INEN 2085 (Ecuador), NTC 1241 (Colombia) and NMX-F-006-1983 (Mexico) standards. The results demonstrate the technical feasibility of producing gluten-free cookies using Andean grain flours with nutritional and quality characteristics suitable for consumption.

**Keywords:** Mixolab, lupin flour, amaranth flour, rheological properties, amylase properties.

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad celíaca(EC) trata de una intolerancia al gluten la cual tiene origen autoinmune que influye directamente en la mucosa del intestino delgado. Dicha enfermedad afecta entre 0.75%-1% de la población mundial siendo así los grupos etarios con mayor índice de vulnerabilidad (Moscoso & Quera, 2015). El crecimiento de la enfermedad celíaca ha creado una tendencia hacia el consumo de alimentos libres de gluten como tratamiento, haciendo que las empresas se adaptan a las nuevas necesidades de los consumidores (Jiménez Ortega et al., 2016). La mayoría de los seguidores de la dieta libre de gluten son pacientes diagnosticados con la enfermedad, sin embargo, el aumento de población que sigue la dieta se ha dado por personas que han decidido vivir una vida libre de gluten, no obstante, este tipo de dieta resulta ser poco variada y desequilibrada a razón de que se eliminan alimentos básicos de la pirámide alimenticia como son el pan, la harina y la pasta los cuales brindan proteínas, carbohidratos y vitaminas (Cubillo, 2023)

Los granos andinos como el chocho y el amaranto son considerados super alimentos debido a su gran aporte nutricional, pero a pesar de sus beneficios dichos granos no han sido aprovechados dentro del mercado (Vilca & Pilamala, 2012).

El presente trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de elaborar galletas a base de harina de amaranto y chocho para enriquecerlas con nanopartículas de carbonato de calcio. Del producto final se evaluó la influencia de la concentración de los porcentajes de harinas en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales. Los resultados indicaron que la variación de los porcentajes de harina en la elaboración de las galletas afectó únicamente al atributo de la crocancia y presentando similitudes en el color, olor, sabor, friabilidad, dureza y la aceptación global.

La elaboración de las galletas además de presentar una estrategia novedosa contribuye a la nueva tendencia del consumo de alimentos libre de gluten. La presente investigación permite dar un aprovechamiento a los granos andinos para desarrollar alimentos innovadores.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de la patología de la intolerancia al gluten que se define como la incapacidad de tolerar el gluten que afecta el sistema inmunitario y daña el revestimiento del intestino delgado ha creado una tendencia en la alimentación de dietas libres de gluten y el consumo de alimentos libre del mismo (Jiménez Ortega et al., 2016). La patología denominada celiacía es la intolerancia permanente al gluten, en la actualidad el 1% de la población mundial padece esta enfermedad, en Ecuador 2 de cada 256 personas han sido diagnosticada con la enfermedad celíaca (EC) (Cubillo, 2023).

A pesar de que el gluten aporta un aproximado de 80% de proteínas su consumo llega a ser perjudicial en personas con EC generada por la mala absorción de nutrientes (Barranco Angeles et al., 2023). Los alimentos libres de gluten tiene un déficit considerable de proteínas, vitamina B12, calcio, magnesio y fibra por lo cual el consumo de estos sin una suplementación de vitaminas y minerales logra ser perjudicial para la salud, además que en la industria se utiliza grasas trans e hidrogenadas y azúcares con un índice glucémico alto con el fin de lograr una aceptabilidad en los consumidores, el uso y consumo excesivo de estos suplementos genera obesidad y enfermedades relacionadas al corazón (Moscoso & Quera, 2015).

El chocho y el amaranto son granos andinos con un alto aporte nutricional, sin embargo, no son aprovechados ni usados en las dietas habituales, la falta del conocimiento de sus beneficios y una producción limitada ocasiona el poco uso de dichos alimentos (Vilca & Pilamala, 2012). Gran parte de los cultivos se conforma de tubérculos como la papa, la oca y la mashua pero estos carecen de aminoácidos esenciales que logran ser complementados con el consumo de granos (Almeida, 2015).

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye la variación de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp*) en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas con nanopartículas de carbonato de calcio?

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio se lo realiza con el objetivo de evaluar la influencia de la variación de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas con nanopartículas de carbonato de calcio; esto con el fin de elaborar galletas sin gluten, pues en la actualidad las expresiones como “intolerancia al gluten”, “enfermedad celíaca” y “libre de gluten” se han vuelto populares debido a las distintas opiniones que existen sobre la ingesta de alimentos que no contienen gluten y sus efectos en la salud, lo cual representa el 1% de la población (suramericana, 2019).

En la actualidad se buscan alternativas del uso de nuevos ingredientes que además de no contener gluten proporcione múltiples beneficios y aporten un valor nutricional alto, como es del caso de la harina de chocho. El chocho es una de las legumbres cultivadas en la región andina conocido por contener proteína en un 42%, lo que quiere decir que es una fuente muy rica en esta, además de contener aceite en un 18 a 22%, minerales como calcio en un 0.48%, fósforo en un 0.43%, entre otros. Contiene también compuestos bioactivos como polifenoles, fitoesteroles, tocoferoles y flavonoides, quienes poseen una alta capacidad antioxidante y antiinflamatoria, que generan gran impacto en el sistema fisiológico ayudando a reducir los niveles de colesterol en la sangre (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

Este alimento es rico de igual modo en ácido linoleico, el cual es un ácido graso esencial que aparte de generar un aporte energético, posee propiedades que lo hacen muy importante e irremplazable en las etapas más críticas del desarrollo humano principalmente en los primeros meses de la vida pos parto, por estos antecedentes el chocho es considerado un superalimento y un gran sustituto de la proteína de origen animal (INIAP, 2006)

Así también la harina de amaranto constituida por este grano de pseudocereal cultivado en Sudamérica. En la actualidad, ha vuelto a ganar fama por su gran valor nutricional. A grandes rasgos es una importante fuente de aminoácidos, calcio, magnesio y hierro, incluso más que las espinacas, así como de zinc y selenio, que favorece al sistema inmunitario. El amaranto un pseudocereal, tiene en su composición compuestos bioactivos (clorofila, antocianinas, compuestos fenólicos y flavonoides), los cuales favorecen notablemente en la reducción de colesterol y se caracterizan por poseer una capacidad antioxidante (Oftalvist, 2023).

Así el chocho y amaranto son alimentos que escasamente se utilizan en la industria alimentaria, lo que es considerado no tan positivo, pues estos al aportar grandes beneficios y sobre todo contener fibra el chocho en un 1.77% y el amaranto en un 10.9% son alternativas nutritivas para incluirlos en una dieta sana y equilibrada, pues la fibra por su alta capacidad saciante ayuda a que la digestión sea más fácil y rápida (Valls, 2021).

Por otro lado, la incorporación de nanopartículas de carbonato de calcio en las galletas sin gluten trae consigo una serie de beneficios, como es principalmente mejorar su calidad nutricional aumentando la biodisponibilidad de minerales esenciales para llevar una dieta sana, balanceada y saludable como es el caso del calcio (Delfanian & Sahari, 2020). Además, pueden influir de manera positiva en las galletas reforzando su estructura, cohesión y sobre todo aumenta su tiempo de vida útil. En cuanto a su masa puede mejorar su cohesión y manipulación. Estas nanopartículas en la industria alimenticia en el área de la panificación y horneado principalmente mejoran el sabor, textura y consistencia del alimento (Nile et al., 2020)

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la influencia de la variación de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus spp.*) en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas con nanopartículas de carbonato de calcio.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar características reológicas de las mezclas de harina conformadas a partir de los tratamientos formulados.

- Identificar las propiedades amilásicas de las masas conformadas a partir de los tratamientos establecidos.
- Establecer las propiedades fisicoquímicas de las galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio.
- Determinar las características microbiológicas de las galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio.
- Analizar las propiedades nutricionales y sensoriales de las galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato calcio.

#### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo afecta la variación de los porcentajes de harinas en las propiedades reológicas de las mezclas?
- ¿Cuál es el efecto de la mezcla de harinas en las propiedades amilásicas de las masas conformadas por los tratamientos formulados?
- ¿Qué efecto tiene la incorporación de harina de chocho y amaranto en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales de las galletas?
- ¿Cuáles son los beneficios que dará el consumo de esta galleta a la nutrición diaria?
- ¿Cuál es la diferencia de las galletas de chocho y amaranto con las comerciales?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Chicaiza (2017), en su investigación titulada "Estudio de la producción y comercialización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en la provincia de Imbabura" se observó datos de producción y consumo de chocho dentro de la provincia, el estudio se llevó a cabo en ciertos lugares estratégicos de Cotacachi, Urcuquí, Pimampiro, Otavalo e Ibarra dando un total de 122 hectáreas de producción total en Imbabura. Dentro de los cultivos de chocho productores manifestaron que la producción de chocho no lo asocian con otros alimentos, sin embargo un 6% de ellos indicaron asociarlo con cultivos de maíz, fréjol, habas, arvejas, entre otras. Casi el 100% de los agricultores basaron su producción en la semilla mejorada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 450 (*Lupinus mutabilis* Sweet), la cual se introdujo a la localidad mediante el Programa Nacional Conjunto de Seguridad Alimentaria y Nutricional realizado con el fin de ayudar en la producción local. La producción de chocho tiene una duración de 6 a 8 meses dependiendo del tipo de suelo, condiciones climáticas y cuidado a la planta con lo cual va ligado el rendimiento. La cantidad resultante de la cosecha se divide en tres partes importantes, el 88% se destina a la venta para su comercialización e industrialización, 9% se dirige a la nueva producción en forma de semilla y apenas el 3 % representa al consumo familiar.

Jurado (2019), desarrollo la investigación titulada "Estudio de la producción y comercialización del amaranto (*Amaranthus spp*) en la provincia de Imbabura" en la cual mediante un estudio geográfico se evidenció la producción del amaranto en la provincia de Imbabura, dentro de los puntos se estableció los niveles de consumo que existe por parte de las familias imbabureñas. Dentro del consumo, el 48% de las familias manifestó que tiene una ingesta de menos de una vez al mes y tan solo el 4% indicó que llevan un consumo diario del mismo. Se presentan varias formas para consumirlo y el 68% elige consumir el amaranto de manera natural y pesado por libras, el 22% de consumidores expresaron que su consumo lo hacían por medio de suplementos y el 10 % en forma de granola. El estudio indica que anualmente se

produce 17700 kg y los habitantes tiene una ingesta de 5 920 kg al año lo cual indica que la producción local no es suficiente para lograr satisfacer las necesidades de todos los habitantes, por tanto, la demanda insatisfecha se logra solucionarla con producción de otras provincias, en especial Pichincha que tiene una gran productividad en San José de Minas. Se realizaron cálculos para analizar el consumo por cada individuo por lo cual se tomo como dato el consumo anual de toda la población y se concluyo que cada habitante tiene un consumo de 0.15 kg por año.

Khatun et al (2021), llevaron a cabo la investigación titulada "Utilization of Banana Peel Flour in Biscuit Making as Wheat Flour Substitute" en la cual se trabajó con cinco tratamientos, 0%, 5%, 10%, 20% y 30% de la harina de trigo sustituida por harina de cáscara de plátano. Se evaluó las propiedades (humedad, proteína, grasa, ceniza, carbohidratos totales, fibra cruda) tanto de la cáscara como de la harina de plátano y se comparó con las características de la harina de trigo y se midió el efecto en peso, diámetro, espesor, relación de dispersión y humedad con la sustitución parcial de harinas. En los análisis de la cáscara y harina de plátano se observó que la harina derivada obtuvo un porcentaje mayor de proteína en comparación de la cáscara, sin embargo, la harina de trigo presentó ligeramente un nivel mayor que la harina de plátano, además dicha harina contiene mayor cantidad de grasa y cenizas en comparación con las demás y la harina de trigo tiene mayor contenido de carbohidratos totales en su composición. El efecto que se observó al utilizar harina de cáscara de plátano es el aumento de peso en las galletas y la disminución de su diámetro y la humedad, en el aspecto de espesor no presentó una diferencia significativa. En el análisis de las galletas utilizando los distintos porcentajes de harina se observó que el tratamiento cinco que implica el 30% de harina de cáscara de plátano obtuvo los resultados más altos en cuanto a grasa, ceniza, azúcar total y carbohidratos y el tratamiento uno con 0% de harina de cáscara de plátano tiene los porcentajes más altos de humedad y proteína. En el aspecto sensorial las galletas con mayor contenido de harina de plátano presentaron la calificación más baja en color, sabor, textura y aceptabilidad a diferencia del tratamiento uno con el 0% de sustitución, sin embargo, el tratamiento 2 y 3 obtuvieron una aceptabilidad relativamente buena en comparación con el tratamiento 5, concluyendo así que el porcentaje adecuado para la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cáscara de plátano va desde el 5 al 10% de la misma.

Engracia (2022), realizaron la investigación denominada "preparation and sensory evaluation of biscuit based on yellow pitahaya peel flour (*selenicereus megalanthus*) flavored with basil (*ocimum basilicum*) and rosemary (*rosmarinus officinalis*)" que constó de tres tratamientos con tres réplicas, el T1 (15% harina de pitahaya, 5% albahaca, 5% romero); T2 (15% harina de pitahaya, 7% albahaca, 3% romero); T3 (15% harina de pitahaya, 3% albahaca, 7% romero). Se enfocó en el análisis sensorial de las galletas (gusto, olor, color y textura), se utilizó un prueba con escala hedónica de 4 aspectos que fue realizada por un panel de 30 evaluadores no entrenados, los datos resultantes fueron usados en un diseño de bloque completamente al azar, además se realizó un estudio de variaciones y una preba de Tuckey al 5% de probabilidad. Los resultados de los tres tratamientos reflejan una gran aceptación por parte de los panelistas, sin embargo el T2 15% harina de pitahaya, 7% albahaca, 3% romero obtuvo los mejores resultados por lo cual se llevo un análisis microbiológico y físico (moho, coliformes totales, *Staphylococcus aureus*, humedad y cenizas) de tratamiento seleccionado dando como resultado que las características descritas estan dentro de los parámetros establecidos por la NORMA INEN garantizando ser un producto inocuo y apto para el consumo.

Licona-Aguilar et al (2023), desarrollaron la investigación titulada "Production of dietary cookies based on wheat-sugarcane bagasse: Determination of textural, proximal, sensory, physical and microbial parameters" cuyo objetivo es determinar los parámetros texturales, proximales, sensoriales, físicos y microbianos de las galletas dietéticas, para dicho estudio se trabajo con 5 muestras distintas, T1 ( 200 g de harina de bagazo de trigo), T2 (190 g de bagazo de trigo y 10 g de bagazo de caña de azúcar), T3 (180 g de bagazo de trigo y 20 g de bagazo de caña de azúcar), T4 (170 g de bagazo de trigo y 30 g de bagazo de caña de azúcar), T5 (160 g de bagazo de trigo y 40 g de bagazo de caña de azúcar). Con los estudios realizados se determinó humedad y arrojó que la harina de bagazo de trigo presenta niveles altos de humedad que oscilan entre 6.23% lo cual resulta negativo para la producción al posibilitar la degradación eventual, por otro lado, en el aspecto de cenizas se evidencio valores menores a los de la materia prima inicial a razón de la eliminación de compuestos lignocelulósicos que logran ser combinados con minerales propios de la materia. La protenía es uno de los componentes principales que se busco la manera de alterarla lo menos posible con un proceso de deslignificación dando como resultado una variación nula entre la materia prima y el producto. En la

aceptabilidad se trabajó con un análisis sensorial y se evidenció que la aceptabilidad fue en incremento con el aumento de harina de bagazo de caña, sin embargo la galleta con mayor aceptación fue la del T2, con respecto a las galletas comerciales no presentaron diferencias significativas.

Cabrera Mera et al (2023), desarrollaron la investigación "Partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum* L.) by chocho flour (*Lupinus mutabilis*) in the production of cookies" cuyo objetivo fue indagar en las características texturales, bromatológicas y sensoriales de las galletas con la sustitución parcial de harinas. Se empleó 5 tratamientos con distintos porcentajes de sustitución de 100%; 75%; 50%; 25% y 0% para lo cual en las características texturales se usó un texturómetro marca Shimadzu Ez-LX, para las características bromatológicas se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN, para humedad INEN 712, para proteína INEN 519, para ceniza INEN 520, para fibra cruda INEN 522, para grasa INEN 523 y finalmente para energía según la metodología de Sanz-López (2017). Los resultados de los análisis bromatológicos fueron T3 humedad 4,83%; T1 proteína 21,65%; T5 cenizas 2,28%; T1 fibra cruda 9,38%; T1 grasa 37,12%; T5 carbohidratos 59,49% y T1 energía 563,00 Kcal. Se determinó que el tratamiento 4 con 25% de harina de trigo presentó las mejores características texturales, bromatológicas y sensoriales.

Itagi et al (2023), en su investigación denominada "Enriched nutraceuticals in gluten-free whole grain rice cookies with alternative sweeteners" cuyo objetivo fue evaluar el potencial de dos razas tradicionales de arroz como alternativa para la formulación de galletas integrales sin gluten, se trabajó con dos muestras, la primera denominada RWF o la de control y la siguiente con harinas de Kalanamak y Chak-hao y las muestras con la misma cantidad de ingredientes para ver la variación en las propiedades físicas y químicas, en las características físicas se evaluó el diámetro y grosor de las galletas, el color, el índice de pardeamiento y su textura, en la parte química se evaluó la composición de nutrientes y micronutrientes, contenido de fibra, contenido de azúcar, almidón, amilosa, orizanol, fenólico, flavonoides, antocianinas, capacidad antioxidante, de eliminación de peróxido, eliminación de radicales, perfil de ácidos grasos y finalmente se realizó una evaluación sensorial para determinar aceptabilidad. En los resultados se tomó en cuenta la textura, sabor y color debido a que son parámetros esenciales para la aceptabilidad en productos horneados, en las galletas de control se observó que tienen una mayor luminosidad lo cual es sinónimo de ligereza, por otro lado las galletas con la harina de arroz presentaron una

coloración atípica por consecuencia del color propio de los granos, en relación a la humedad las galletas de arroz presentaron un índice de 13.71% por lo cual se observa que es propensa al deterioro microbiano, en términos de la dureza las galletas con harina de Kalanamak y Chak-hao tienen un valor más alto que las galletas de control, el diámetro se presentó variaciones por la adición de las harinas de arroz incrementando su tamaño, las galletas a base de harina de arroz presentaron niveles de proteínas, carbohidratos, grasa, ácidos grasos tienen un índice mayor en comparación con las muestras de control, finalmente en el análisis sensorial se observó una inclinación a las galletas elaboradas a base de las harinas de arroz.

Kumari et al (2023), desarrollaron una investigación titulada "Influence of malted buckwheat, foxtail and proso millet flour incorporation on the physicochemical, protein digestibility and antioxidant properties of gluten-free rice cookies" la cual tiene como objetivo principal evaluar las propiedades fisicoquímicas, digestibilidad proteica y antioxidantes de las galletas de arroz sin gluten, en dicha investigación se utilizaron harinas de trigo sarraceno malteado (BW), mijo cola de zorra (FM) y mijo proso (PM) reemplazando la harina de arroz entre un 15 y 30%. En la fase inicial se tomó un tiempo de 4 días para observar las características de las harinas después de la germinación lo cual como resultado se observó que existe un aumento en el contenido de proteína, fibra dietética total, capacidad de absorción de aceite, actividad de amilasa y proteasa, con los resultados al incorporar al 30% de cada una de las harinas demostró que las galletas con ese porcentaje tienen un alto porcentaje de proteína, ceniza, grasa, TDF y digestibilidad proteica in vitro (IVPD), por otro lado el índice glucémico y de hidrólisis del almidón disminuyeron su porcentaje, independientemente la harina BW aumentó el índice de IVPD, la capacidad antioxidante, proteínas, fenólicos y flavonoides y la harina FM mejoró las fibras dietéticas en la elaboración de las galletas.

Adelerin et al (2024), llevaron a cabo la investigación denominada "Pumpkin-based cookies formulated from optimized pumpkin flour blends: Nutritional and antidiabetic potentials" con el fin de desarrollar galletas, se trabajó con tratamientos en los cuales se varía el contenido de cada una de las materias primas y adicional una de control, prueba de control (100 g de harina de trigo), T1 (60 g de harina de calabaza, 74 g de semillas de calabaza, 73.3 g de residuos de almidón de calabaza), T2 (25 g de harina de calabaza, 21 g de semillas de calabaza, 16.2 g de residuos de almidón de calabaza), T3 (15 g de harina de calabaza, 5 g de semillas de calabaza, 10.5 g de

residuos de almidón de calabaza). Con las formulaciones planteadas se determinó el perfil de aminoácidos, las propiedades antidiabéticas y la evaluación sensorial de cada una, para la determinación del perfil de aminoácidos se usó el método descrito por Lohdip y Jikmyan (2019) en el cuál las muestras se secaron y desgrasaron con ayuda de una mezcla de cloroformo/metanol, posteriormente se hidrolizaron y se evaporaron para colocarlos en un analizador de aminoácidos en un evaporador rotatorio, la actividad de amilasa, el efecto inhibitorio y el índice glucémico se tomo como referencia la metodología ubicada en estudios y trabajos previamente realizados. Los resultados arrojaron que existe un contenido de cenizas que varía de entre 4.78 y 6.21%, el contenido de grasa va desde 7.74 y 14.25% lo que indica que tiene un alto valor energético, con relación a la humedad todas presentaron un valor menor al 10% lo cual esta dentro de lo admisible para su almacenamiento, el contenido de proteína cruda y de carbohidratos van desde 9.58 a 15.79% y 50.50 a 63.62% respectivamente lo cual se asemeja a investigaciones anteriores en las que usa calabaza como materia prima, finalmente en el análisis sensorial que evidenció que el tratamiento 1 con la muestra de control no presentan diferencias significativas en aroma, color, olor y sabor.

Manalu et al (2024), en su investigación titulada "Composites flour formulation made from yellow pumpkin, purple sweet potato, corn, and wolf-herring flour for replacement of wheat flour on low-and high- moisture foods part I: Cookies and muffin" en la cual se trabajo con diferentes tratamientos en las que en cada uno varía el porcentaje de cada una de las harinas, T1 (25 g calabaza amarilla, 25 g batata morada, 25 maíz, 25 arenque lobo); T2 (30 g calabaza amarilla, 30 g batata morada, 20 maíz, 20 arenque lobo); T3 (35 g calabaza amarilla, 35 g batata morada, 15 maíz, 15 arenque lobo); T4 (40 g calabaza amarilla, 40 g batata morada, 10 maíz, 10 arenque lobo) y T5 (45 g calabaza amarilla, 45 g batata morada, 5 maíz, 5 arenque lobo) con los cuales se evalua la aceptabilidad de los consumidores mediante una prueba hedónica y con 50 panelistas. El resultado de la evaluación sensorial arrojó que la galleta y muffin que tiene mayor aceptabilidad por su color, olor, sabor y textura es la del tratamiento T5, la formulación seleccionada para galletas y muffin se usó para evaluar el valor calórico, composición mineral, composición de aminoácidos de los mismos, se realizó la determinación proximal de la humedad, proteínas, grasas y cenizas, el análisis de humedad se realizó después de el secado en horno, la proteína por medio del método Kjeldahl, grasa por medio del método

Soxhlet, cenizas mediante gravimetría, carbohidratos por medio de la cuantificación proximal y los aminoácidos se los determino usando UPLC-PDA.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. El chocho y el amaranto como alternativas andinas para el desarrollo de productos alimenticios

El chocho una leguminosa de origen Andino, con altos índices de macronutrientes, micronutrientes, proteínas, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos, que lo hacen un alimento completo y versátil en la utilización como ingrediente principal en la fabricación de alimentos de panificación, repostería y como sustituto de la carne, la leche y la soja.

*Lupinus mutabilis* es una de las variedades de chocho con uno de los índices, más altos de proteína que varía entre 32.0 y 52.6 g/100 g, lípidos en un 18.9 g/100 g, fibra en un 8.2 g/100 g, ceniza en un 3.9 g/100 g, carbohidratos en un 32.9 g/100 g, además de contener también antioxidantes fenólicos y oligosacáridos prebióticos, que pueden favorecer la proliferación de bifidobacterias. Por otro lado, *L. mutabilis* contiene alcaloides amargos, que pueden generar daños si son consumidos de manera directa, por lo que para ser consumido o utilizados como materia prima para la elaboración de un alimento, este debe sufrir un proceso de desamargado, que puede alargarse de acuerdo a concentración de alcaloides en el chocho (Carvajal-Larenas et al., 2016).

De este modo el chocho y a pesar de sus carecidos estudios a comparación con otros alimentos, aporta múltiples beneficios a quienes lo consumen y lo aprovechan, además hoy en días es una de las leguminosos que ha estado generando gran impacto en la industria alimentaria.



**Figura 1.** Planta de chocho  
**Fuente.** (Ruíz & Paramo, 2019)

En esta figura el diagrama de flujo de la elaboración de harina de chocho, en donde se detalla el proceso productivo.

El amaranto un pseudocereal con una gran cantidad de componentes nutricionales esenciales que con facilidad lo posicionan como un grano completo que puede ser utilizado en varias industrias, ya sea como materia prima o complemento y suplemento para otros alimentos.

Este grano posee en su composición altos porcentajes de proteína que van desde los 12.5% al 17.6%, fibra soluble estimada de 4.2%, contenido de metionina de 15.8 mg por gramo de proteína y un valor de lisina de 55.8 mg por gramo de proteína, los lípidos oscilan entre el 1.9% y el 9.7%.

Por estos motivos el amaranto es un grano muy beneficioso para quien lo consume ya sea de manera directa o en subproductos (Sattar et al., 2024).



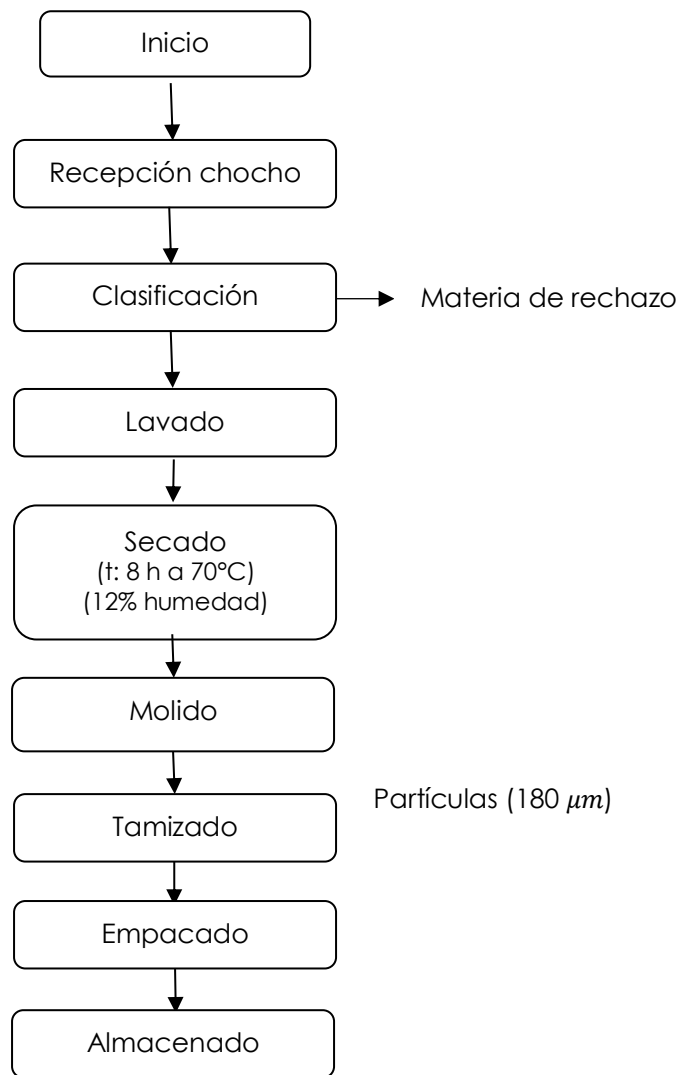
**Figura 2.** Planta de amaranto  
**Fuente.** (Garcilazo, 2022)

### 2.2.2. Obtención de harinas de chocho

El chocho es un alimento del cual se puede elaborar innumerables preparaciones y productos, como es el caso de la harina de chocho. A nivel industrial este tipo de harina es utilizada en la industria de la panificación pues mejora considerablemente el valor proteico y calórico de los productos elaborados con esta (Quilca, 2020).

La harina es un polvo fino que se consigue por medio de cereales o leguminosas que, a partir de un proceso de molturación, dan lugar a una variedad de harinas de diferentes alimentos, propiedades y estructuras, tal es el caso de la harina de chocho, la cual se obtiene a partir de un proceso de desamargado y pasteurización del chocho, que posterior recibe un proceso de secado, para luego ser trasladado a un molino donde el chocho es triturado y tamizado, finalizando con el almacenamiento

de la harina en envases que no permiten el contacto del medio interno con el externo (Navas, 2017).



**Figura 3.** Diagrama de flujo harina de chocho

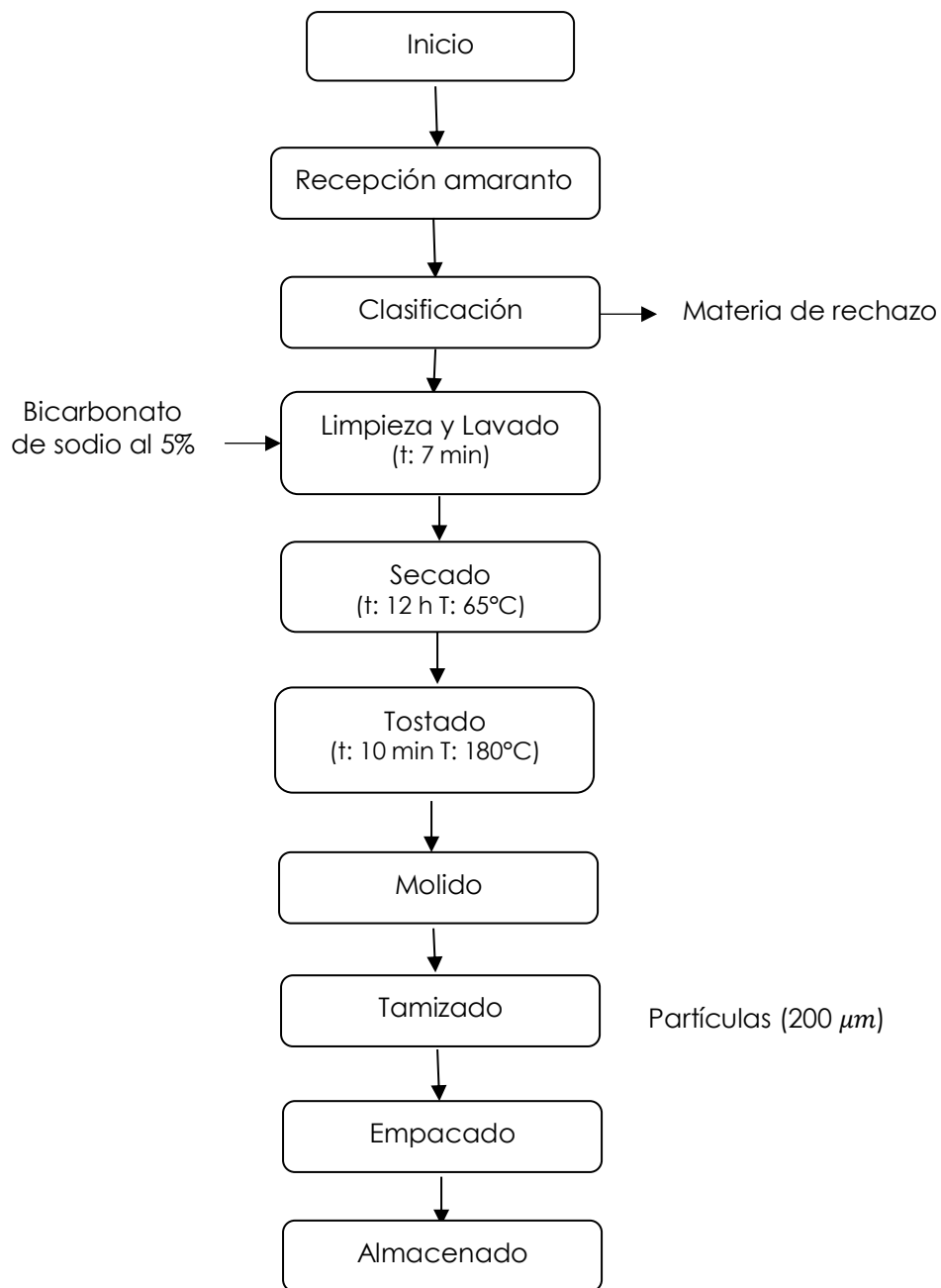
#### 2.2.2.1. Descripción del diagrama de flujo de la harina de chocho:

- Recepción de materia prima: se obtiene la materia prima provenientes del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias el cual realiza pruebas de calidad al grano.
- Clasificación: se selecciona los granos en mal estado y partículas ajenas a la materia prima para desecharlos y evitar contaminaciones posteriores.

- Lavado: el lavado del grano se llevó de manera minuciosa durante varios días para eliminar restos impropios del grano además de disminuir la cantidad de alcaloides los cuales dan un sabor amargo al chocho.
- Secado: la materia prima seleccionada y limpia es sometida a un proceso de secado durante un período de ocho horas a una temperatura de 70°C con el fin de eliminar la mayor cantidad de agua posibles hasta obtener una humedad de 12%.
- Molienda: la materia prima deshidratada se somete a un proceso de molino hasta obtener una consistencia similar a la harina de trigo con lo cual se garantiza su versatilidad en sus usos posteriores.
- Tamizado: la harina resultante es tamizada para separar los granos de diferente tamaño y lograr homogenizar toda la materia prima, finalmente la harina termina con una granulometría de 180 µm.
- Envasado: se utiliza bolsas laminadas para guardar la harina resultante y evitar el contacto con el ambiente para así prevenir una posible absorción de humedad.
- Almacenamiento: las bolsas con harina se almacenan en un lugar fresco y seco con temperaturas controladas.

### 2.2.3. Obtención de harinas de amaranto

El amaranto destinado a la obtención de harina de amaranto se somete a una serie de procesos que dan inicio con la recepción y selección de la materia prima, esto con el objetivo de garantizar un producto final de características propias y de calidad, consecutivo a estos procesos el amaranto se somete a las operaciones de lavado y secado, donde permanece un lapso de tiempo que el producto alcance una humedad de 12%. Los granos de amaranto crudo y lavados son sometidos a los procesos de molienda y tamizado para finalmente llegar a la obtención de una harina final (De Prada, 2011).



**Figura 4.** Diagrama de flujo harina de amaranto

2.2.3.1. Descripción del diagrama de flujo de la harina de amaranto:

- Recepción de materia prima: se receipta la materia prima desde el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias el cual realiza pruebas de calidad al grano.
- Clasificación: se elimina granos en mal estado y sustancias ajenas al grano para evitar contaminaciones futuras.

- Limpieza y lavado: para el lavado adecuado del grano se usó una solución de bicarbonato de sodio al 5% por un período de 7 minutos con una agitación continua para posteriormente realizar un enjuague con agua limpia.
- Secado: los granos limpios se someten a un proceso de secado durante un período de 12 horas a una temperatura de 65°C para eliminar la mayor cantidad de agua posible hasta llegar a una humedad del 12%.
- Tostado: se realiza el último proceso de calor al grano con un tostado a temperatura de 180°C por un tiempo de 10 minutos para facilitar su molienda.
- Molienda: se llevan a un proceso de molido todos los granos tostados hasta obtener una harina fina y mejorar su versatilidad.
- Tamizado: durante el tamizado se separan las partículas con diferentes tamaños hasta lograr una homogeneidad en la harina, la granulometría final es de 220  $\mu\text{m}$ .
- Empacado: se usan bolsas de polietileno para empacar la harina resultante y evitar su contacto con el ambiente.
- Almacenamiento: las bolsas con la harina de amaranto se guardan en un ambiente fresco y seco para evitar la humedad.

#### 2.2.4. Propiedades fisicoquímicas de la harina de chocho y amaranto

##### Harina de chocho

Un estudio realizado por (Intaya Coarita, 2017) menciona con respecto a las propiedades fisicoquímicas que la harina de chocho presenta un índice de absorción de agua de 2.789%, una granulometría de 1.31 mf, un índice de acidez de 0.04%, índice de contenido de peróxido de 5.349 mEq/kg, humedad de 8.017%, contenido de grasa del 24.21%, fibra en un 8.53%, ceniza en un 1.383% y carbohidratos de un 3.772% a 9.164%.

##### Harina de amaranto

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas de la harina de amaranto, esta presenta una humedad de 10.6%, grasa de 9%, el contenido de ceniza se encuentra en torno a un 4% y densidad de 0.011 g/cm<sup>3</sup>. Debido a la alta concentración de carbohidratos

en el amaranto al igual que la mayoría de los cereales, esto se ve reflejado en su harina, pues esta tiene un 54% de carbohidratos (Hernández-Rodríguez, 2023).

#### 2.2.5. Propiedades nutricionales de la harina de chocho y amaranto

##### Harina de chocho

La harina de chocho está constituida por el 50% de proteína la misma que contiene lisina y cistina en proporciones adecuadas, sumado al contenido de metionina en 23 a 30% la cual es requerida para optimizar el crecimiento de los animales (Apunte Pinos & León Idrovo, 2013).

##### Harina de amaranto

- Proteínas de alta calidad: el amaranto es una fuente completa de proteínas, lo que significa que contiene todos los aminoácidos esenciales necesarios para el organismo.
- Minerales: la harina de amaranto es rica en minerales como el calcio, hierro, fósforo, magnesio, manganeso y potasio.
- Vitaminas: contiene vitaminas importantes como vitamina A, vitamina C, vitamina E, vitaminas del complejo B (como B6, B9 y riboflavina) que son esenciales para el funcionamiento óptimo del cuerpo y el sistema inmunológico.
- Grasas saludables: es una fuente de grasas saludables, como ácidos omega 3 y omega 6 que son beneficiosos para la salud cardiovascular y el cerebro.
- Fibra dietética: contiene aproximadamente tres veces más fibra que la harina de trigo, lo que la convierte en una excelente opción para promover una digestión saludable y mantener el sistema gastrointestinal en óptimas condiciones (FACE, 2024).

#### 2.2.6. Propiedades funcionales de la harina de chocho y amaranto

Según el estudio realizado por (Meneses & Burbano, 2025) menciona que un alimento logra ser considerado como funcional cuando dentro de su composición cuenta con compuestos como fibra dietética, polifenoles, péptidos o ácidos grasos insaturados, dicho esto determinan que la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) y la harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) están dentro de los alimentos funcionales debido a su alto contenido de fibra dietética y proteína los cuales logran ser beneficioso para la salud cardio metabólica.

## Harina de chocho

La harina de chocho también conocido como harina de tawi cuenta con una amplia gama de propiedades funcionales, entre las cuales presenta una solubilidad de 6% a una temperatura de 60 °C, además presenta una capacidad de absorción de agua de 1.2 g de agua/ g de harina, capacidad emulsionante de 55.1g de aceite emulsionado/ g de harina, estabilidad emulsionate de un 70.8% después de 10 h y un 69% después de 20 h hasta 120 h viscosidad de 20 a 30 cp y una concentración mínima de gel de 14% (Aguilar, 2023).

## Harina de amaranto

En cuanto a las propiedades funcionales se refiere, la harina de amaranto cuenta con una capacidad de retención de agua 1.83 g de gua/g de harina, una capacidad de absorción de grasa de 1.56 g de aceite/g de harina, capacidad de formación de espuma de 18.39%, estabilidad de la espuma de 76.39%, capacidad de hinchamiento de 3.13 ml/g y concentración mínima de gelificación de 26.22%. Estas propiedades hacen a este tipo de harina uno de los alimentos muy completos y que cuentan con un valor nutricional elevado (Herrero, 2022).

### 2.2.7. Compuestos bioactivos del chocho y amaranto

#### Compuestos bioactivos del chocho

El chocho un alimento muy completo cuenta en su composición con compuestos bioactivos como son polifenoles, fitoesteroles, tocoferoles, flavonoides, triterpenos, carotenoides, isoflavonas y péptidos bioactivos, que son beneficios para quien los consume pues, por ejemplo, los fitoesteroles son compuestos con una estructura similar al colesterol, debido a esto ayudan a la reducción de los niveles de este, por lo que los hace de gran beneficio para el sistema cardiovascular. Los polifenoles y flavonoides por otra parte son compuestos que ayudan a la protección de las células del cuerpo frente a daños oxidativos ocasionados por la radiación libre, además de prevenir el cáncer y enfermedades del corazón (Aguilar, 2023).

#### Compuestos bioactivos del amaranto

Compuestos como clorofila, antocianinas, compuestos fenólicos flavonoides, escualeno, tocoferoles y péptidos como Ac-AMP y Ar-AMP, forman parte de los compuestos bioactivos presentes en el amaranto, generando en este gran beneficio

pues se conoce que estos ayudan a la reducción de los niveles de colesterol presente en la sangre, además de actuar como antioxidante, antiinflamatorio, revitalizante, antimicrobiano, anticancerígeno y anticolesterolémico (López-Mejía, 2014).

## 2.2.8. Nanopartículas de Carbonato de Calcio en la Industria Alimentaria

### 2.2.8.1. Introducción a las nanopartículas en alimentos

La nanotecnología es la ciencia que trabaja con las nanopartículas, las cuales son partículas microscópicas con una dimensión menor a las de 100 nanómetros, el cual es equivale a un millar de átomos (suramericana, 2019)

Las nanopartículas son nanobjetos con dimensiones externas a nanoescala, en los cuales la longitud de los ejes mayores y menores no difieren significativamente entre sí. Son capaces de autoensamblarse y tienen diferente reactividad, dureza, conductividad, solubilidad, velocidad de absorción y biodisponibilidad respecto de las partículas macro. Estas características que presentan pueden dan origen a nuevos ingredientes y otras formas de elaborar alimentos con estructuras y propiedades diferenciales que incrementan o mejoran sus funcionalidades, adquiriendo mayor valor comercial (Ojeda et al., 2019).

En la industria alimentaria tienen un gran impacto, pues estas están presentes desde los métodos para cultivar, producir y procesar alimentos, hasta como se envasan, transportan y consumen estos. Hoy en día la nanotecnología, así como las nanopartículas surgen como una ayuda potencial no solo para mejorar el sabor de los alimentos y mejorar la producción de estos, sino también para presentar una mejora en su calidad (G. García, 2022).

### 2.2.8.2. Propiedades fisicoquímicas del carbonato de calcio

El carbonato de calcio es un compuesto inorgánico que tiene una gran gama de aplicación, tanto en lo doméstico e industria. Es un polvo blanco, es decir, cristales incoloros, inodoros e insípidos, insoluble en alcohol, con baja solubilidad en agua, altamente soluble en ácidos diluidos y cloruro de amonio.

Este compuesto comúnmente conocido como calcita, es una sal de calcio del ácido carbónico, el cual presenta las siguientes propiedades:

- Fórmula química:  $\text{CaCO}_3$
- Pequeña solubilidad en agua: mg/l a 25°C: 14 (muy escasa), este compuesto al disolverse en agua y con dióxido de carbono, forma carbonato ácido de calcio, es decir bicarbonato de calcio.
- Descomposición al ser sometido a calor: al someterlo a temperaturas de entre 800 y 825 °C, este se descompone y empieza el proceso de calcinación, además al llegar a esta etapa, el carbonato libera óxido de calcio y dióxido de carbono.
- Reacción con ácidos: reacciona con algunos ácidos como es la combinación de carbonato de calcio y ácido clorhídrico, que da como resultado la liberación violenta de dióxido de carbono.
- Brillo (colorímetro): 95 min.
- Densidad: presenta una densidad de 2.6 a 2.95 g/cm<sup>3</sup>.
- Dureza: presenta una dureza de 3 a 4 en una escala de Mohs.
- Humedad: 0.09% (Morillo, 2017).

#### 2.2.8.3. Aplicaciones del carbonato de calcio en alimentos funcionales

El carbonato de calcio ha generado gran impacto hoy en día por sus múltiples funciones, pues en la industria de alimentos estas funciones son aprovechadas mediante la fabricación de alimentos funcionales. El calcio en general es utilizado como aditivo en ciertos alimentos para obtener productos firmes después de ser sometidos al calor, congelación o almacenamiento, además las sales de calcio son usadas para reducir el pardeamiento enzimático causado por patógenos.

Un gran ejemplo en donde se utiliza carbonato de calcio es en la industria de los vinos, pues este es utilizado en situaciones críticas cuando el mosto o el producto final se encuentra con un nivel de acidez elevado al normal, convirtiéndolo en un producto no apto para el consumo. Con la adición de  $\text{CaCO}_3$  el vino recupera su acidez ideal (F. E. V. García et al., 2011).

#### 2.2.9. Elaboración de Galletas

##### 2.2.9.1. Galletas

Las galletas son un producto alimenticio que puede ser dulce o salado, las cuales se encuentran compuestas por harina, grasas, agua, azúcar y otros ingredientes como especias, aromas, condimentos o aditivos, que tras el amasado se tratan

térmicamente, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua (Berenguer , s. f.).

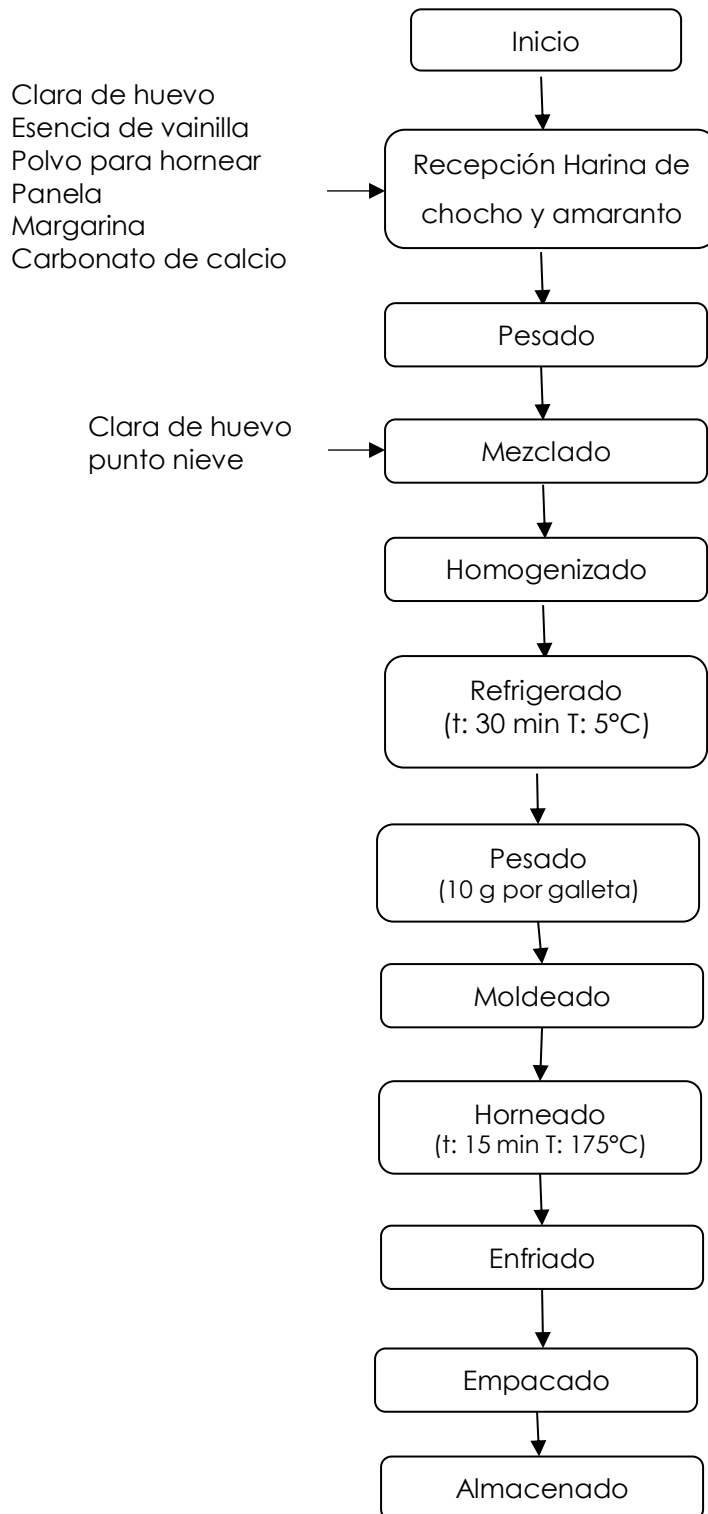
#### 2.2.9.2. Tipos de galletas

Existen infinidad de tipos de galletas según su forma de preparación o según sus ingredientes, por ejemplo:

- Galleta maría: Galleta redonda tradicional en España y algunos países de América Latina.
- Galleta rellena: Están hechos de una masa de galletas llenado con un relleno de fruta o de confitería antes de hornear.
- Oblea: Galleta fina con una o varias capas de relleno, también llamada wafer.
- Cookie (termino anglosajón para referirse a la galleta): el chocolate chip cookie con virutas de chocolate, muy común en EEUU.
- Galleta marinan: Galleta de tipo salado crujiente y fina que por lo general, presenta varias perforaciones pequeñas, y se utiliza en comida marina dicho el nombre en platillos con mucha cantidad de picante, en porciones de proteínas grandes (cubos o enteros) ya sea pulpo, camarón o atún, como también en platillos cremosos, dicho así por la cantidad de soya y mos (segregación de pulpo y atún) (Luis, 2019).

### 2.2.9.3. Proceso de fabricación de galletas tipo cookies: ingredientes y métodos

En esta figura el diagrama de flujo de la elaboración de galletas de harina de chocho y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio.



**Figura 5.** Diagrama de galletas de harina de chocho y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio

#### Descripción del diagrama de galletas tipo cookies

- Recepción Harina de chocho y amaranto: se receipta las materias primas, las cuales pasan por una inspección visual y determinar si no existe ninguna impureza visible.
- Pesado: se procede a pesar todos ingredientes involucrados en la elaboración de galletas como son (clara de huevo, esencia de vainilla, polvo para hornear, panela, margarina y carbonato de calcio.
- Mezclado: llevar a punto nieve las claras de huevo.
- Homogenizado: se mezclan todos los ingredientes secos previamente pesados, después de este proceso se incorpora la mezcla de margarina y panela las cuales debe ser derretidas en conjunto. Se integraron los ingredientes húmedos con los secos hasta formar una masa uniforme, y luego se añadió la esencia de vainilla. Finalmente, la masa se incorporó con la clara de huevo a punto de nieve con la finalidad de incorporar aire a la masa lo cual ayudará a incrementar su volumen al momento del horneado generando galletas grandes y esponjosas.
- Refrigerado: esta masa obtenida debe ser refrigerada durante 30 min a 5 °C.
- Pesado: después de transcurrido el tiempo de refrigeración, es necesario pesar la masa de 10 g.
- Moldeado: se coloca la masa dándole forma en los moldes previamente engrasados.
- Horneado: el proceso de horneado se lo realiza a una temperatura de 175 °C durante 15 min.
- Enfriado: las galletas horneadas deben reposar y enfriarse durante 24 h para garantizar que estas no sufran daños.
- Empacado: después del proceso de enfriado las galletas deben ser empacadas en envases que no permitan la penetración de humedad que puede afectar a la galleta.
- Almacenado: las galletas empacadas deben ser almacenadas en ambientes secos.

#### 2.2.9.4. Efecto de la incorporación de harinas no convencionales en la calidad de las galletas

La influencia de la granulometría y la procedencia de la harina sobre las masas y galletas finales obtenidas, con el fin de establecer similitudes entre las distintas galletas

y buscar una alternativa a las tradicionales galletas de trigo. Los resultados obtenidos muestran que las propiedades de la masa y la galleta final están fuertemente influenciadas por la granulometría de la harina empleada. Tamaños de partícula más gruesos, implican masas más fluidas que generan mayores galletas, de menor peso, con menor humedad y luminosidad. La influencia de la granulometría parece ser mayor sobre las harinas de arroz y menor sobre la de maíz y la de maíz precocido. También se ha demostrado que ninguna de las galletas elaborada presenta una semejanza total con la galleta control de trigo, aunque la galleta elaborada con harina fina de maíz precocido obtuvo mejores resultados en la evaluación sensorial realizada (Pineda, 2014).

#### 2.2.10. Efecto de las Nanopartículas en Alimentos

Dentro de la dieta alimentaria la deficiencia de micronutrientes en múltiples alimentos afecta la salud de la mayoría de los consumidores, las deficiencias principalmente de hierro y calcio son causantes de la mortalidad materna y el bajo peso al nacer de los bebés. A raíz del problema considerado mundialmente se destacó el uso de sales para fortificar alimentos, uno de los más usado en forma de nanopartículas es el  $\text{CaCO}_3$  presente en las cáscaras de huevo (Gómez-Alvarez & Zapata Montoya, 2024).

Las nanopartículas son usados para producir alimentos innovadores y ayudar a incorporar nuevos ingredientes y aditivos, además, se puede añadir con un perfil nutricional específico con el fin de cumplir con requerimientos de los consumidores en ámbitos nutrimentales o de salud como alergias, enfermedades crónicas o únicamente preferencias (Ojeda et al., 2019).

##### 2.2.10.1. Seguridad alimentaria y biodisponibilidad de las nanopartículas

La modificación de la materia prima aprovechando su tamaño y propiedades se conoce dentro del ámbito científico como nanotecnología, el cambio tan radical presenta grandes beneficios en lo que respecta a actividades ópticas, eléctricas y magnéticas. Las nanopartículas dentro de la industria facilitan el desarrollo de nuevos productos generando mejoras en el color, sabor, textura y principalmente aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y evitar el deterioro microbiano de los alimentos.

En el ámbito de seguridad alimentaria, la información sobre cuáles son las propiedades de los nanomateriales o nanopartículas es escasa, esto a razón de que las propiedades tanto físicas como químicas de las nanopartículas pueden diferir con

las del mismo alimento del que se originan. Para su uso en la alimentación se debe contar con una evaluación de los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente con el fin de gestionar los posibles riesgos que conllevan el uso de los nanomateriales (De Ariño Otxoa, 2018).

#### 2.2.10.2. Impacto en las propiedades sensoriales y funcionales de los alimentos

La adicción de un aditivo a un alimento puede cambiar ciertas características organolépticas de manera drástica, en el caso del calcio puede afectar al sabor ya que este se caracteriza por aumentar acidez y dar amargor, en cuanto a textura puede aportar una sensación terrosa. La gran familia de sales es blancas e incoloras tal es el caso del carbonato de calcio, por lo que al añadirlo a los alimentos puede afectar su color haciéndolo un poco más claro de lo normal (Gómez-Alvarez & Zapata Montoya, 2024).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque experimental con perspectiva cuantitativa a razón que se usarán métodos estructurados para obtener datos medibles y cuantificables además de usar técnicas estadísticas para analizar los datos de las características reológicas: estabilidad, de las características amilásicas: Par C1, tiempo C2, Par C2 y temperatura de la masa C2, de las características fisicoquímicas: humedad y grasa, de las características nutricionales: carbohidratos, proteínas, fibras y cenizas. De igual manera, se utilizará análisis estadísticos para el procesamiento de datos con lo cual se logrará la interpretación de los resultados obtenidos. La recolección de los datos, su interpretación estadística convierte a la investigación en cuantitativa.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación experimental ayudará a establecer principalmente causas y efectos de un fenómeno, lo que significa que debe ser claro que los efectos observados en un experimento se deben a la causa (Tesis y Master, 2024). Se utilizará tratamientos especiales en las galletas especificando las variaciones de los porcentajes de harina y la adición de las nanopartículas de carbonato de calcio.

Adicional se llevó a cabo un proceso de medición y registro sistemático de las variables dependientes como las características reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales para poder evaluar el efecto que tiene la variación de harina de chocho, harina de amaranto y adición de nanopartículas de carbonato de calcio.

### **3.2. HIPÓTESIS**

**Ho:** La sustitución de harina de amaranto por harina de chocho influye de manera positiva en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales de las galletas con nanopartículas de carbonato de calcio.

**Hi:** La sustitución de harina de amaranto por harina de chocho influye de manera negativa en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales de las galletas con nanopartículas de carbonato de calcio.

### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 1.** Operacionalización de las variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				
VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTO
<b>Independiente</b> Porcentaje de sustitución de harina de amaranto por harina de chocho	Mezcla de harina de amaranto y chocho	T0 100% harina de amaranto. T1 90% harina de amaranto + 10% harina de chocho. T2 80% harina de amaranto + 20% harina de chocho. T3 70% harina de amaranto + 30% harina de chocho. T4 60% harina de amaranto + 40% harina de chocho	Gravimetría	(Inglett, Chen, & Liu, 2015).
	Propiedades reológicas	Estabilidad		
<b>Dependientes</b>  Propiedades reológicas y amilásicas de las harinas formuladas. Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales.	Propiedades amilásicas	Par C1 Tiempo C2 Par C2 Temperatura de la masa C2	Mixolab	Mixolab_Applications_Handbook
	Fisicoquímicas	Humedad	Termogravimétrico	AOAC 925.10
		Grasa	Método de Randall	AOAC 922.06
	Microbiológicas	Recuentos aerobios mesófilos	Recuento de bacterias aerobias en Placa	NOM-092-SSA1-1994
		Mohos y levaduras	Recuento de mohos y levaduras en placa	NOM-111-SSA1-1994
	Coliformes y E. coli Salmonella	Recuento de Coliformes y E. coli Recuento de Salmonella	AOAC 991.14 AOAC 967.26	

---

Nutricionales	Carbohidratos	Cálculo	AOAC 985.25
	Proteína	Kjeldahl	AOAC 990.03
	Fibra	Método Kennedy	AOAC 978.10
	Ceniza	Gravimetría	AOAC 923.03
	Energía calórica	Cálculo	Factores de Atwater
Sensoriales	Color		
	Olor		
	Sabor	Prueba afectiva con escala	
	Crocancia	hedónica de 5	UNE-ISO 4121:2006
	Friabilidad	Puntos	
	Dureza		
	Aceptabilidad		

---

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

El proceso de formulación y elaboración de las galletas con harina de chocho y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio se llevó a cabo en una sola fase que fue la variación de los porcentajes de harinas.

3.4.1. Evaluación de las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales en la elaboración de galletas

Se evaluará diferentes porcentajes de harina de chocho y harina de amaranto en la elaboración de galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio con cinco repeticiones para lograr determinar la calidad del producto final, se llevará a cabo un DCA con 3 repeticiones con el cual se mostrará la influencia de variación de porcentajes de harina de chocho y amaranto.

3.4.2. Tratamientos

**T0:** 100% harina de amaranto (*Amaranthus spp.*).

**T1:** 90% harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y 10% de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

**T2:** 80% harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y 20% de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

**T3:** 70% harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y 30% de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

**T4:** 60% de harina de amaranto (*Lupinus mutabilis*) y 40% de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

3.4.3. Características del experimento

Número de tratamientos: cinco (5)

Número de repeticiones: cinco (5)

Número de unidades experimentales: veinticinco (25)

### 3.4.4. Formulación de las galletas

Teniendo en cuenta los métodos usados y la cantidad de muestra necesaria en cada uno de los análisis, además de la ingesta diaria de calcio recomendado se toma en cuenta la siguiente formulación general.

Se realiza la formulación para galletas dulces digestivas de pasta fina, a razón de la utilización del 36.12% de harina del total de la masa lo cual entra en los parámetros para lograr ser definida como pasta fina, el uso de bicarbonato sódico las convierte en galletas digestivas ya que tiene propiedades antioxidantes.

En relación con la adición del carbonato de calcio se realizó el cálculo teniendo en cuenta la ingesta diaria de calcio recomendada, el aporte de calcio que tienen cada uno de los ingredientes a usar y de la ingesta diaria de galletas recomendada (30 g) es decir tres galletas de 10 g. Se utilizará un total de 1 g de las nanopartículas de calcio en una masa de 800 g con la cual se estima un total de 52 galletas para el análisis fisicoquímico, microbiológico, nutricional y sensorial, en cada una de las galletas se calcula un total de 0.019 g de las nanopartículas las cuales se suman al aporte de calcio de la harina, la margarina y el azúcar con lo cual se cumple el valor de la ingesta diaria recomendada de calcio y de galletas de dulce.

Para una masa de 800 g se utilizó la siguiente formulación:

**Tabla 2.** Ingredientes

Descripción	Porcentaje (%)
Harina de amaranto o chocho	36.04
Huevo	13.77
Esencia de vainilla	0.25
Polvo para hornear	0.48
Panela	20.95
Margarina	28.31
Carbonato de calcio	0.2

**Tabla 3.** Porcentajes de sustitución de harina de amaranto y chocho

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

Para el total de los 5 tratamientos se tendrá un total de 20000 g de masa, es decir, 20 kg.

### 3.4.5. Variables evaluadas

Durante el desarrollo del experimento se evaluará las siguientes variables de respuesta en las galletas:

**Tabla 4.** Análisis reológicos

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Estabilidad	Mixolab Chopin 2	min

**Tabla 5.** Análisis amilásicos

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Par C1	Mixolab Chopin 2	nm
Tiempo C2	Mixolab Chopin 2	Min
Par C2	Mixolab Chopin 2	nm
Temperatura de masa C2	Mixolab Chopin 2	°C

**Tabla 6.** Análisis fisicoquímico

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Humedad	AOAC 925.10	Porcentaje
Grasa	AOAC 922.06	Porcentaje

**Tabla 7.** Análisis microbiológico

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Recuentos aerobios mesófilos	NOM-092-SSA1-1994	UFC/g
Mohos y levaduras	NOM-111-SSA1-1994	UFC/g
Coliformes y E. coli	AOAC 991.14	UFC/g
Salmonella	AOAC 967.26	UFC/g

**Tabla 8.** Análisis nutricional

<b>Análisis</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
Carbohidratos	AOAC 985.25	Porcentaje
Proteína	AOAC 990.03	Porcentaje
Fibra	AOAC 978.10	Porcentaje
Ceniza	AOAC 923.03	Porcentaje

### 3.4.6 Caracterización fisicoquímica

Método para la determinación de humedad

La determinación de humedad se realiza por medio del método propuesto por la Norma AOAC 925.10 en la cual se determina lo siguiente:

1. Preparar la muestra.
2. Homogeneización de la muestra, por medio de molienda.

3. Limpieza de cápsulas.
4. Secar la cápsula junto con su tapa durante 1 hora de 100 a 150 °C.
5. Analizar la muestra o realizar la medición, en condiciones instrumentales.
6. Pesar la cápsula junto con su tapa con una aproximación de 0.1 g.
7. Colocar la muestra en la cápsula, tapar y pesar.
8. Colocar la cápsula y su tapa en la estufa a temperatura y presión recomendados.
9. Retirar la cápsula de la estufa, enfriar en el desecador a temperatura ambiente y pesar rápidamente.
10. Colocar nuevamente la cápsula en la estufa y repetir el proceso.
11. Repetir el proceso de secado hasta que la diferencia de pesos no sea inferior a 0.5 mg.
12. Realizar los cálculos para la determinación del contenido de agua de la muestra, el cual se lo expresa en porcentaje de humedad por medio de la siguiente formula:

$$\%Humedad = \frac{M_a - M_b}{M_a - M} \times 100$$

Donde:

$M$  = masa en gramos de la cápsula con tapa

$M_a$  = masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra

$M_b$  = masa en gramos de la cápsula con tapa y la muestra seca

Todos los análisis deben ser realizados al menos por duplicado.

Método para la determinación de grasa

Según el método propuesto por la Norma AOAC 920.39 Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed determina que:

1. Pesar 1 g de la muestra previamente desecada.
2. Colocar el 1 g de la muestra en los cartuchos de celulosa.
3. Pesar los vasos de aluminio vacíos, previamente desecados, en una balanza de precisión y registrar los pesos. Estos deben ser transportados en el desecador para que la humedad no interfiera en el peso de estos.
4. Los cartuchos de celulosa deben ser colocado en el extractor de grasa junto con el anillo metálico.
5. Poner los vasos en el extractor y cerrar el equipo.
6. Adicionar 50 ml de éter a cada una de las muestras.

7. Programar el equipo de manera adecuada y encender el equipo de refrigeración.
8. El proceso de extracción dura alrededor de 2 horas, tiempo en el cual el éter, calentado a 80 °C, va pasando por las muestras para extraer la grasa.
9. La grasa extraída queda depositada en el vaso de aluminio.
10. Sacar los vasos del equipo e introducir en la estufa de al menos 2 horas para eliminar los residuos de éter.
11. Dejar enfriar los vasos en el desecador y pesar en la balanza de precisión.
12. Fórmula:

$$Grasa(\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{P} \times 100$$

Donde:

$P_1$  = peso del vaso con extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra.

$P_2$  = peso del vaso vacío.

$P$  = peso de la muestra empleada.

#### 3.4.7 Caracterización microbiológica

Método para el recuento de aerobios mesófilos

Según el método propuesto por la Norma NOM-092-SSA1-1994 Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa determina que:

1. Preparar la dilución primaria.
2. Pesar de 10 a 11 g de la muestra en un recipiente o bolsa plástica esterilizada.
3. Adicionar un volumen de 90 a 99 ml del diluyente.
4. Homogeneizar la muestra, hasta llegar a la obtención de una suspensión completa.
5. Permitir que las partículas grandes se sedimenten.
6. Preparación de las diluciones decimales adicionales.
7. Transferir 1 ml de la solución en recipientes conteniendo nueve veces el volumen.
8. Mezclar cada botella de diluyente de la forma antes mencionada.
9. Realizar la inoculación de las muestras.
10. Preparar y diluir la muestra del alimento en cajas Petri.
11. Agregar de 12 a 15 ml del medio preparado y mezclar mediante seis movimientos de derecha a izquierda.

12. Dejar solidificar.
13. Incubar las cajas en posición invertida durante 48 h a 35°C.
14. Proceder a la lectura.

Método para la determinación de mohos y levaduras

Según el método propuesto por la Norma NOM-111-SSA1-1994 Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos determina que:

1. Preparar la dilución primaria.
2. Pesar de 10 a 11 g de la muestra en un recipiente o bolsa plástica esterilizada.
3. Adicionar un volumen de 90 a 99 ml del diluyente.
4. Homogeneizar la muestra, hasta llegar a la obtención de una suspensión completa.
5. Permitir que las partículas grandes se sedimenten.
6. Preparación de las diluciones decimales adicionales.
7. Transferir 1 ml de la solución en recipientes conteniendo nueve veces el volumen.
8. Mezclar cada botella de diluyente de la forma antes mencionada.
9. Colocar por duplicado en cajas Petri 1 ml de la muestra líquida directa o de la dilución primaria, con ayuda de una pipeta estéril.
10. Repetir el procedimiento tantas veces se requiera sembrar.
11. Verter de 15 a 20 ml de agra papa dextrosa acidificado, fundido y mantenido a  $45 \pm 1$  °C en un baño de agua.
12. Mezclar el medio con seis movimientos de derecha a izquierda en sentido las manecillas del reloj y sentido contrario, en una superficie lisa.
13. Preparar una caja control para verificar le esterilidad.
14. Invertir las cajas y colocarlas en la incubadora a  $25 \pm 1$ °C.
15. Contar las colonias de cada placa después de 3, 4 y 5 días de incubación.

Método para la determinación de Coliformes y E. coli

Según el método propuesto por la Norma AOAC 991.14 Coliform and Escherichia coli Counts in Foods determina que:

1. Colocar la placa petrifilm para el Recuento de Coliformes y E. coli sobre una superficie plana.

2. Con cuidado levantar el film superior que se encuentra en la placa y verter 1 ml de la muestra diluida.
3. Cerrar el film de la placa evitando generar burbujas.
4. Colocar el aplicador sobre la muestra dentro de la placa Petrifilm.
5. Presionar de manera ligera el aplicador para distribuir de forma uniforme la muestra.
6. Dejar reposar la placa petrifilm con la muestra hasta lograr que el gel se solidifique.
7. Llevar a incubación de manera horizontal evitando apilar más de 20 placas.
8. Incubar las placas petrifilm a una temperatura de 35°C durante 48 h.
9. Para el recuento de E. coli se deben enumerar las colonias de color azul a rojo-azuladas las cuales están asociadas a gas atrapado sin importar el tamaño y la intensidad del color.
10. Para el recuento de Coliformes se toman en cuenta las colonias de color rojo.
11. Para que el recuento sea válido se deben tomar en cuenta aquellas placas que contengan más de 150 colonias.

#### Método para la determinación de Salmonella

Según el método propuesto por la Norma AOAC 967.26 Salmonella in processed foods determina que:

1. Preenriquecer la muestra en caldo de lactosa durante 24 horas a 35°C.
2. Inocular el cultivo de preenriquecimiento en caldo selenito-cistina y caldo tetrationato.
3. Incubar los caldos de enriquecimiento selectivo durante 24 horas a 35°C.
4. Coloque los caldos de enriquecimiento en placas de agar selectivas, como LIA.
5. Incubar las placas de agar durante 24-48 horas a 35°C.
6. Examine las placas en busca de colonias típicas de Salmonella y realice pruebas de confirmación según sea necesario.

#### 3.4.8 Caracterización nutricional

Método para la obtención del contenido de carbohidratos

(Barboza, y otros, 2005), en su investigación titulada Efecto de la incorporación de proteína plasmática sobre la composición química y calidad proteica de un

producto formulado con maíz tierno, genera los resultados del contenido de carbohidratos por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Carbohidrato} = 100 - (\% \text{ grasa} + \% \text{ proteína} + \text{humedad} + \text{cenizas} + \text{fibra})$$

En esta fórmula se emplean los porcentajes de grasa, proteína, humedad, ceniza y fibras, los cuales son obtenidos por medio de los análisis tanto fisicoquímicos, como microbiológicos antes mencionados.

Método para la determinación de proteínas

Para la determinación de proteínas se realiza por el método planteado por la norma AOAC 990.03 en el cual se determina lo siguiente:

El proceso se divide en tres etapas:

a. Digestión

1. Pesar 1 a 5 g de la muestra en papel filtro y colocarlos en el tubo de mineralización.
2. Agregar 3 g de catalizador (sales como óxido de titanio o/y óxido de selenio, mezcla de  $K_2SO_4$ :  $CuSO_4$ ).
3. Adicionar 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado y 5 ml de  $H_2O_2$ .
4. Diferir la muestra a  $420^\circ C$  durante un tiempo que depende de la cantidad y tipo de muestra.
5. Dejar enfriar la muestra

b. Destilación

1. Adicionar 50 ml de agua destilada.
2. Colocar el soporte del destilador y adicionar hidróxido sódico 10 N (50ml).
3. El amoniaco liberado arrastrado por el vapor de agua es recogido en una solución de ácido bórico (al 4% p/v).

c. Valoración

1. Realización de una volumetría ácido-base empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de rojo de metilo y azul de metileno.

d. Fórmula:

$$\% \text{ de proteína} = \frac{N_{Cl} * (V_m - V_b) * 14 * 6.25 * 100}{1000 * m}$$

Donde:

NHCl= Normalidad del HCl valorador

$V_m$  = volumen de HCl valorado para la muestra

$V_b$  = volumen de HCl valorado para el blanco

14 = peso atómico del N

6.25 = factor que se utiliza para convertir la cantidad de N en cantidad de proteína

$m$  = masa de la muestra

#### Método para la determinación de fibra

Según el método establecido por la AOAC 991.43 Para la determinación de fibra establece que:

1. Pesar 1 gramo de la muestra seca en un vaso de precipitación de 600 ml.
2. Adicionar 25 ml de buffer de fosfato de sodio y 100  $\mu$ l de termamyl.
3. Mezclar hasta homogenizar la muestra.
4. Cubrir los vasos con papel aluminio y colocarlos en un baño de agua hirviendo para la incubación por 20 minutos.
5. Adicionar 20 ml de HCl al 0.2 M y esperar a que el contenido alcance la temperatura ambiente.
6. Ajustar el pH a 1.5 con HCl al 5 M.
7. Agregar 1.0 ml de la solución de pepsina en cada muestra.
8. Incubar durante 1 hora a 40°C en un baño de agua con agitación.
9. Retirar las muestras del baño de agua y adicionar 1.0 ml de NaOH al 5 M.
10. Ajustar el pH a 6.8 con NaOH al 5 M o NaOH al 1 M.
11. Agregar 1 ml de solución de pancreatina y agitar de manera uniforme.
12. Incubar las muestras por 1 hora a 40°C con agitación lenta.
13. Retirar las muestras del baño de agua y adicionar 0.5 ml de HCl al 5 M.
14. Ajustar el pH a 4.5 con HCl al 1 M.

Fibra dietética total

15. Añadir agua destilada hasta la marca de 100 ml y suministrar 400 ml de etanol al 95%.
16. Calentar hasta los 60°C y dejar reposar por 1 hora.
17. Colocar los crisoles y celita que han secados en una estufa a 105°C en el desecador para enfriarlos.
18. Pesar 0.5 gramos de delita en cada crisol y humedecerla con etanol al 76%

19. Durante la filtración mantener las paredes el embudo siempre húmedo con etanol.
20. Lavar la torta filtrada con porciones de etanol al 95% y acetona.  
Fibra dietética soluble e insoluble
21. Preparar los crisoles como se describe en el apartado de fibra dietética total, pero sin diluir la enzima.
22. Remover el agitador del vaso y realizar la primera filtración en vasos limpios sin exceder de los 100 ml.
23. Lavar la torta filtrada con agua hasta la marca de 100 ml.
24. Retirar los vasos con el filtrado.
25. Reemplazar con vasos nuevos y lavar la torta filtrada con etanol al 95% y acetona.
26. Tener los vasos de fibra con 100 ml y adicionar 400 ml de etanol al 95% precalentado a 60°C.
27. Dejar precipitar por 1 hora antes de filtrar.
28. Tener las paredes húmedas con etanol al 76% durante la filtración.
29. Lavar la torta filtrada con porciones de etanol y acetona.
30. Secar los crisoles durante toda la noche en la estufa a 105°C, posteriormente guardarlos en el desecador.
31. Usar uno de los crisoles para análisis de nitrógeno por Kjeldahl.
32. El otro debe ser calcinado toda la noche a 550°C y determinar el contenido de cenizas.

cálculos:

Fibra no corregida:

$$mg \text{ Fibra no corregida} = \text{peso}(\text{crisol} + \text{celita} + \text{fibra}) - \text{peso}(\text{crisol} + \text{celita}) * 1000$$

% de fibra no corregida

$$\% \text{ fibra no corregida} = \frac{\text{Fibra no corregida (mg)}}{\text{Peso muestra (Mg)}} * 100$$

Ceniza no corregida

$$mg \text{ ce. no corregida} = \text{peso}(\text{crisol} + \text{celita} + \text{ceniza}) - \text{peso}(\text{crisol} + \text{celita}) * 1000$$

Proteína no corregida

$$mg \text{ proteína no corregida} = \text{normalidad del HCl} * \text{mlHCl} - \text{mlBcorvo} * 14.007 * 6.25$$

Ceniza corregida

$$mg \text{ ceniza corregida} = \frac{\text{Valor promedio de fibra no corregida} * \text{ceniza corregida}}{\text{Contenido de fibra en el crisol antes del incinerado}}$$

Proteína corregida

$$mg \text{ pro. corregida} = \frac{\text{Valor promedio de fibra no corregida} * \text{proteína no corregida}}{\text{contenido de fibra en el crisol usado para el Kjeldahl}}$$

Blanco corregido

$$\text{blanco corregido} = (\text{promedio en blanco}) - (\text{ceniza corregida} + \text{proteína corregida})$$

Fibra corregida

$$= \frac{\text{Valor promedio FD no corregida} - (\text{ceniza} + \text{proteína} + \text{blanco}) \text{ corregida}}{\text{promedio peso muestras}}$$

Digestibilidad

$$= \frac{N2 \text{ iniciales} - (mgFD \text{ soluble} + mgN2FD \text{ solubles} - mgN2 \text{ blancoNS} + SOL) * 100}{mg N \text{ iniciales}}$$

Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se lleva a cabo el método establecido en la Norma AOAC 923.03 descrito a continuación:

1. Realizar el análisis por duplicado.
2. Pasar la muestra por tamiz de 20 mesh.
3. Toma de 3 a 5 g de sólidos para mantenerla sobre un baño de vapor hasta una sequedad aparente.
4. Tomar 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada.
5. Precalcinar la muestra en una placa calefactora sin que inflame.
6. Colocar las cápsulas en la mufla a 550°C hasta cenizas blancas o grisáceas.
7. Preenfriar con la mufla apagada.
8. Colocar las cápsulas en el desecador para enfriarlas en su totalidad.
9. Tomar el peso final.
10. Fórmula

$$\% \text{ cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100$$

$m_2$  = masa de la cápsula con las cenizas

$m_1$  = masa de la cápsula con la muestra

$m_0$  = masa de la cápsula vacía

### 3.4.9 Caracterización reológica y amilásica

Método para uso de Mixolab

Según el manual de Mixolab\_Applications\_Handbook se establece el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar el protocolo deseado.
2. Especificar la humedad de la muestra y la hidratación aproximada (de forma predeterminada, utilizar 55% para la harina blanca y 60% para harina integral).
3. Seleccionar una base de hidratación ("tal cual", "15% de base", "14% de base", "materia seca"). Se recomienda trabajar con una base del 14%.
4. Pesar la cantidad de muestra especificada por el software Mixolab.
5. Colocar la amasadora en su alojamiento y cerrar la tapa.
6. Iniciar la prueba.
7. Introducir la muestra a analizar en el equipo utilizando el embudo proporcionado especialmente.
8. Colocar la boquilla de inyección de agua.
9. Si la consistencia C1 está fuera de las tolerancias, detener la prueba, limpiar la amasadora y volver a colocarla en su lugar.
10. Utilizar la herramienta de cálculo integrada para predecir la hidratación real de la muestra, teniendo en cuenta los resultados de la prueba anterior.
11. Reiniciar la prueba y déjela funcionar hasta el final.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se llevó a cabo pruebas estadísticas dependiendo y evaluando si los datos son paramétricos o no, para lo cual se realizó la prueba de Shapiro, en el caso de datos paramétricos se utilizó análisis de varianza (ANOVA) la cual es ideal para comparar medias de tres o más grupos y la prueba de Tukey ideal para comparar medias de múltiples grupos, en el caso de datos no paramétricos se utilizó pruebas de Kruskal-Wallis ideal para comparar medianas de varios grupos, la prueba de Friedman para datos pareados de distintos grupos y la prueba de Dunn para realizar comparaciones múltiples.

En la tabla 9 Se detalla el análisis estadístico del DCA que se realizó mediante un ADEVA, que tiene las siguientes características.

**Tabla 9.** Fuente de variación

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>
<b>TOTAL</b>	11
<b>Tratamientos</b>	5

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1. 1. Reológicos

- Estabilidad

Se realizó una prueba de Shapiro-wilk para determinar si los datos son paramétricos o no paramétricos.

En la tabla número 10 se puede evidenciar que el valor p es inferior a 0.05, lo que indicó que los datos no siguen una distribución normal por lo cual se consideran no paramétricos a razón que se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 10.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para estabilidad.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-wilk normality test	0.80693	0.004517

Una vez realizada la prueba de Shapiro y observar que los datos son no paramétricos se procedió a realizar una prueba de Kruskal-Wallis con la cual se analizó si existe diferencia significativa entre los datos.

En la tabla número 11 se detalló los resultados obtenidos de acuerdo con la prueba Kruskal-Wallis. De los datos se observó que existe diferencia significativa en por lo menos dos de los tratamientos debido a que el valor p es inferior a 0.05.

**Tabla 11.** Prueba de Kruskal-Wallis para estabilidad.

Prueba	Chi cuadrado	Valor F	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test	9.6349	4	0.04705

Después de la prueba de Kruskal-Wallis se procedió a realizar una prueba de Dunn, la cual realiza comparaciones de todos los tratamientos para observar las diferencias entre cada uno de ellos.

En la tabla 12 se muestra los resultados de la prueba de Dunn, se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, el T4 tiende a diferenciarse de los tratamientos T0 y T1.

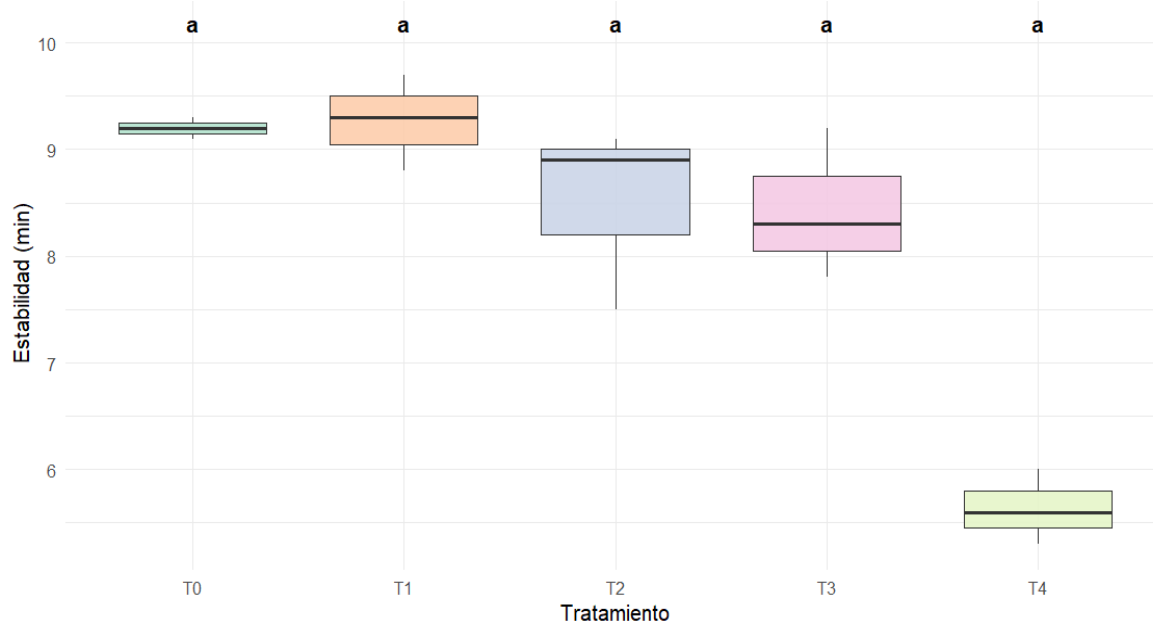
**Tabla 12.** Prueba de Dunn para estabilidad.

Comparación	Valor z	Valor-p sin ajustar	Valor-p ajustado
T0-T1	-0.0915326	0.957069405	1.00000000
T0-T2	1.1899238	0.234076349	1.00000000
T1-T2	1.2814564	0.200033411	1.00000000
T0-T3	1.0983912	0.272033710	1.00000000
T1-T3	1.1899238	0.234076349	1.00000000
T2-T3	-0.0915326	0.927069405	1.00000000
T0-T4	2.6086791	0.009089244	0.09089244
T1-T4	2.7002117	0.006929537	0.06929537
T2-T4	1.4187553	0.155970374	1.00000000
T3-T4	1.5102879	0.130969983	1.00000000

En la figura 6 se muestra el diagrama de caja y bigote con relación a la prueba de Dunn, en dicha imagen se observó que el tratamiento 4 el presentó valores menores a 6 min, se diferencia del resto de tratamientos que se encuentran entre valores de 8 a 10 min.

Diferencias significativas en estabilidad de la masa.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Dunn,  $p < 0.05$ )



**Figura 6.** Diagrama de caja y bigote para estabilidad en la prueba de Dunn.

#### 4.1.2 Resultados amilásicos

- Par C1

El par C1 representa la cantidad de absorción de agua y la consistencia máxima de la masa.

En la tabla 13 se evidencia que el valor p es superior a 0.05 lo cual indica que se acepta la hipótesis nula indicando que existe una distribución normal.

**Tabla 13.** Prueba Shapiro-Wilk de normalidad para Par C1.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.91744	0.176

La prueba de homocedasticidad se realiza en datos paramétricos para comparar las medias de varios grupos.

En la tabla 14 se evidencia los resultados obtenidos mediante una prueba de homocedasticidad, en la cual se determinó que no existe diferencias significativas entre tratamientos, debido a que el valor de p resultante 0.1206 es mayor a 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 14.** Prueba de homocedasticidad para Par C1

Prueba	Valor F	Valor P
Levene Test	0.5321	0.1206

La prueba de ANOVA es una evaluación para datos paramétricos, con la cual se determina si existe diferencia estadística entre las medias de los tratamientos.

En la tabla 15 se muestra los resultados después de una prueba de ANOVA en la cual se evidenció que el valor de p resultante  $7.4 \times 10^{-9}$  es inferior al valor 0.05 por lo cual la hipótesis nula es rechazada.

**Tabla 15.** Análisis de varianza para Par C1

	Df	Sum	Mean	F Value	Pr
Tratamiento	4	0.5182	0.12954	113.2	$7.4 \times 10^{-9}$
Residuals	10	0.0114	0.00114		

La prueba de Tukey es utilizada para agrupar los datos de acuerdo con las diferencias estadísticas presentadas, para cada grupo se asignan diferentes letras.

En la tabla 16 se describe los resultados de una prueba de Tukey para el Par C1, en los cuales se observó que existe diferencia significativa entre los tratamientos, de esta manera los tratamientos T3 y T1 son estadísticamente iguales a diferencia de los tratamientos T0 y T2 que presentaron similitud estadística siendo así el tratamiento T4 el único que no presentó similitud.

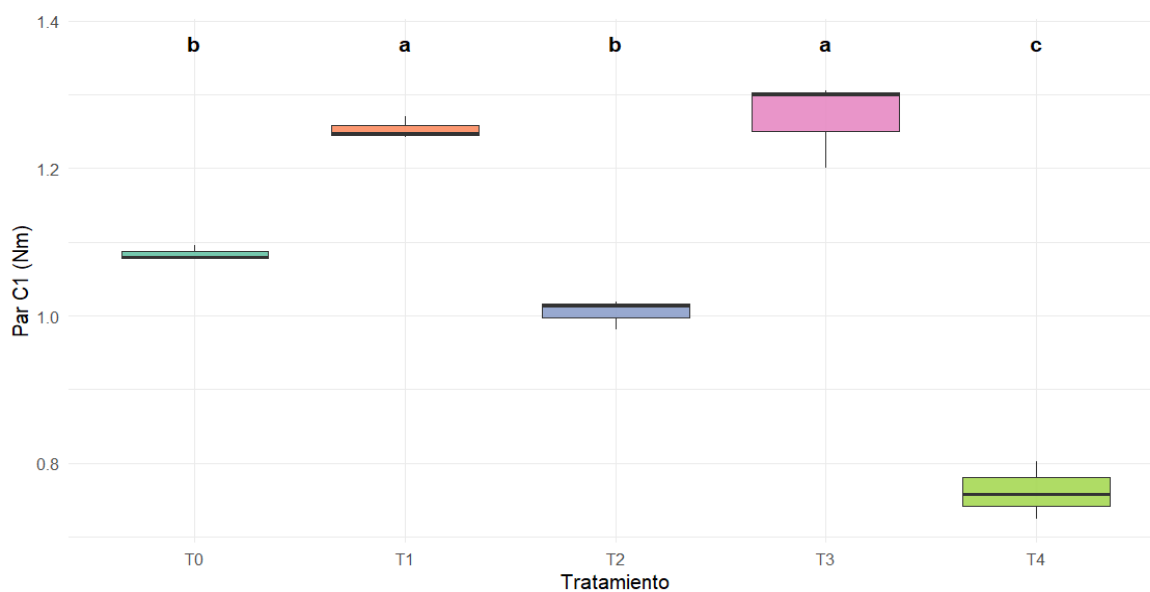
**Tabla 16.** Prueba de Tukey para Par C1

Tratamientos	Media	Agrupación
T3	1.2686667	A
T1	1.2533333	A
T0	1.0840000	B
T2	1.0046667	B
T4	0.7613333	C

En la figura 7 se muestra el diagrama de caja y bigote de acuerdo con la prueba de Tukey en donde se observó que los tratamientos T0 y T2 se encuentran entre valores de 1.0 a 1.2 nm, por lo cual no existe diferencia significativa. De igual manera, los tratamientos T1 y T3 se sitúan en valores de 1.2 a 1.4 nm, además, se mostró que el tratamiento T4 es aquel que presentó diferencia estadística con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en Par C1

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 7.** Diagrama de caja y bigote para Par C1 en la prueba de Tukey.

- Tiempo C2

El tiempo C2 representa el momento en que la masa presenta propiedades viscoelásticas, es decir, su capacidad para estirarse y expandirse para retener gas sin romper su estructura.

En la tabla 17 se muestra los resultados de una prueba de Shapiro y se obtuvo el valor p de 0.006916 siendo inferior a 0.05, por lo tanto, los datos con lo cual se rechaza la hipótesis nula.

**Tabla 17.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para tiempo C2.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.82095	0.00619

En la tabla 18 se muestra los resultados de una prueba de Kruskal-Wallis, se obtuvo un valor de p inferior a 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se observa que al menos un tratamiento presenta una media diferente.

**Tabla 18.** Prueba de Kruskal-Wallis para tiempo C2.

Prueba	Chi cuadrado	gl	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test	12.38	4	0.01474

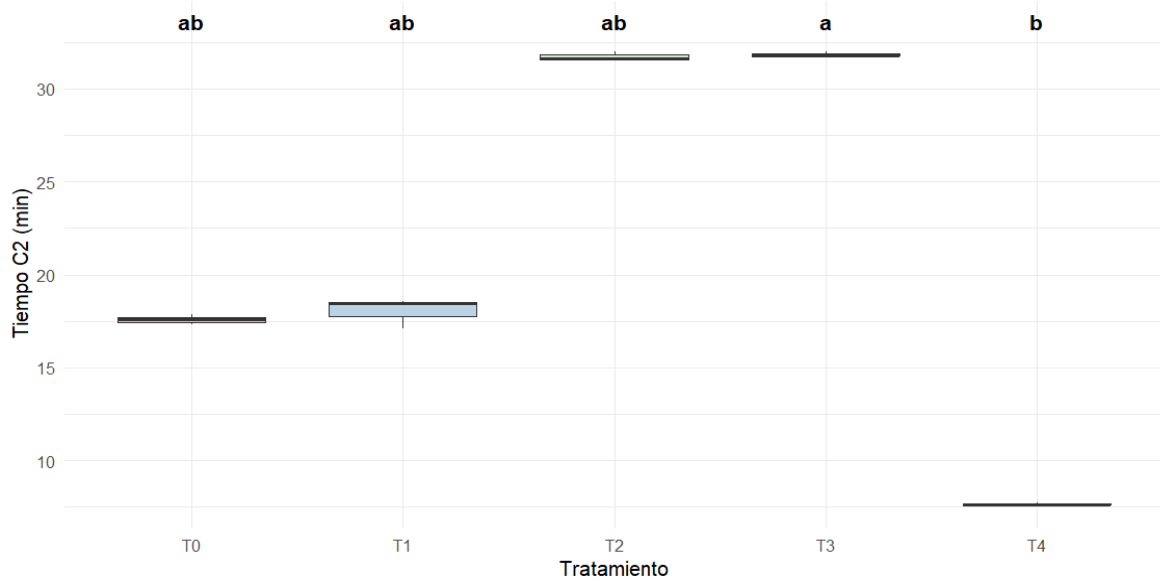
En la tabla 19 se muestra los resultados obtenidos mediante una prueba de Dunn, en la cual se observó que existe diferencia entre los tratamientos T3 y T4.

**Tabla 19.** Prueba de Dunn para Tiempo C2.

Comparación	Valor z	Valor-p sin ajustar	Valor-p ajustado
T0-T1	-0.2741061	0.784003066	1.00000000
T0-T2	-1.5989524	0.109831180	1.00000000
T1-T2	-1.3248463	0.185255143	1.00000000
T0-T3	-1.9644272	0.049480567	0.49480567
T1-T3	-1.6903211	0.090966539	0.90966539
T2-T3	-0.3654748	0.714756989	1.00000000
T0-T4	1.0964245	0.272893046	1.00000000
T1-T4	1.3705306	0.170521321	1.00000000
T2-T4	2.6953769	0.007030905	0.07030905
T3-T4	3.0608517	0.002207084	0.02237084

En la figura 8 se muestra el diagrama de caja y bigote en relación con la prueba de Dunn, en donde se observó que los tratamientos T0 y T1 tienen valores de 15 a 20 min, es decir, son estadísticamente iguales, de igual manera los tratamientos T2 y T3 ubicados en valores de 30 a 35 min no presentaron diferencias significativas, además, se muestra que el tratamiento T4 presenta diferencia con el resto de los tratamientos. Diferencias significativas en estabilidad de la masa.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Dunn,  $p < 0.05$ )



**Figura 8.** Diagrama de caja y bigote para Tiempo C2 en la prueba de Dunn.

- Par C2

El par C2 representa el debilitamiento de la masa como consecuencia de la reducción de proteínas.

En la tabla 20 se presenta los resultados después de una prueba de Shapiro en la cual se obtuvo un valor de  $p$  0.2719 el cual es superior al valor  $p$  0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 20.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para Par C2.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.9299	0.2719

En la tabla 21 se evidencia los resultados de una prueba de homocedasticidad en la cual se obtuvo un valor de  $p$  0.5035 el cual es superior al valor de  $p$  0.05 por lo cual se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 21.** Prueba de homocedasticidad para Par C2.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	0.8918	0.5035

En la tabla 22 se muestran los resultados después de un ANOVA en el cual el valor de  $p$  0.00281 resultante es inferior al valor  $p$  0.05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se observó que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 22.** Análisis de varianza para Par C2.

	Df	Sum	Mean	F Value	Pr
Tratamiento	4	0.03171	0.007926	8.608	0.00281
Residuals	10	0.00921	0.000921		

En la tabla 23 se muestra los resultados después de una prueba de Tukey en el cual se evidenció una similitud estadística entre el tratamiento T1 y T3, además, se observó una similitud con los tratamientos T3, T0, T2 y T4.

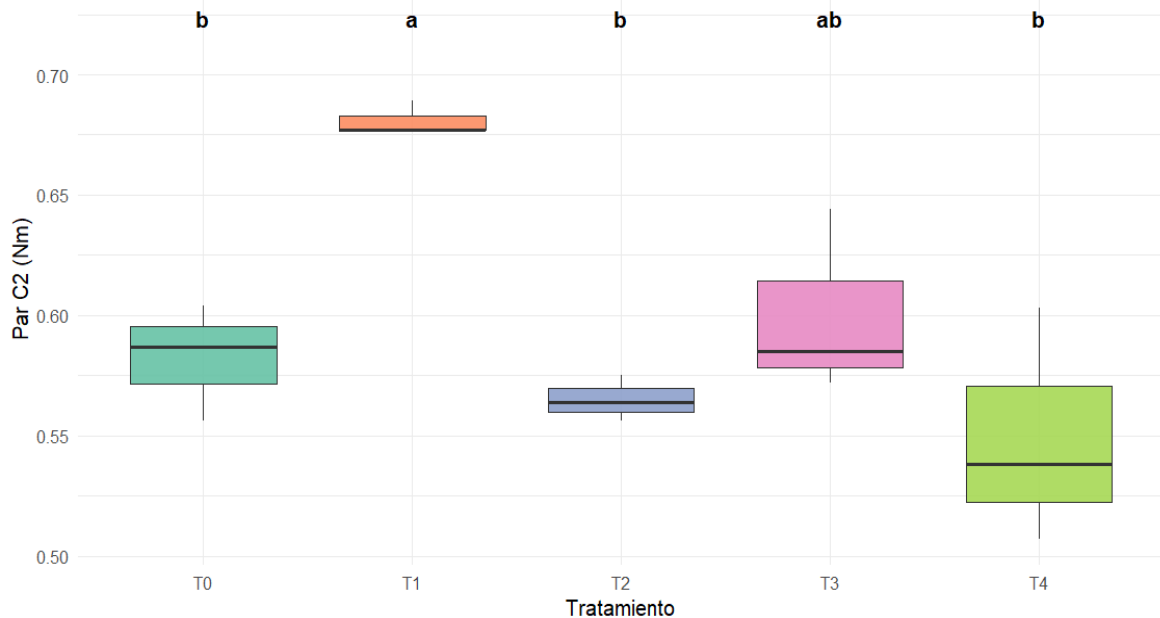
**Tabla 23.** Prueba de Tukey para Par C2.

Tratamientos	Media	Agrupación
T1	0.6810000	A
T3	0.6003333	AB
T0	0.5823333	B
T2	0.5650000	B
T4	0.5493333	B

En la figura 9 se muestra el diagrama de caja y bigote en relación con la prueba de Tukey en donde se observó que los tratamientos T0, T2, T3 y T4 se encuentran entre valores de 0.55 a 0.65 nm, es decir, son estadísticamente iguales y el tratamiento T1 el cual tiene valores superiores a 0.65 nm es aquel que presentó diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en Par C2.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 9.** Diagrama de caja y bigote para Par C2 en la prueba Tukey.

- Temperatura de la masa en C2

Este parámetro representa la temperatura en que se desnaturaliza las proteínas alternativas de las harinas sin gluten.

En la tabla 24 se muestra los resultados obtenidos después una prueba de Shapiro en la cual se observó que el valor de p 0.005434 es inferior al valor p 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se visualiza que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 24.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para temperatura de la masa en C2.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.81306	0.005434

En la tabla 25 se muestra los datos resultantes después de una prueba de Kruskal-Wallis en el cual se observó que el valor de p 0.01453 es inferior al valor de p 0.05 por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 25.** Prueba de Kruskal-Wallis para temperatura de la masa C2.

Prueba	Chi cuadrado	gl	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test	12.414	4	0.01453

En la tabla 26 se muestra los resultados después de una prueba de Dunn en la cual mediante el valor de p ajustado se observó que la comparación entre el tratamiento T3 y T4 mostraron una diferencia significativa.

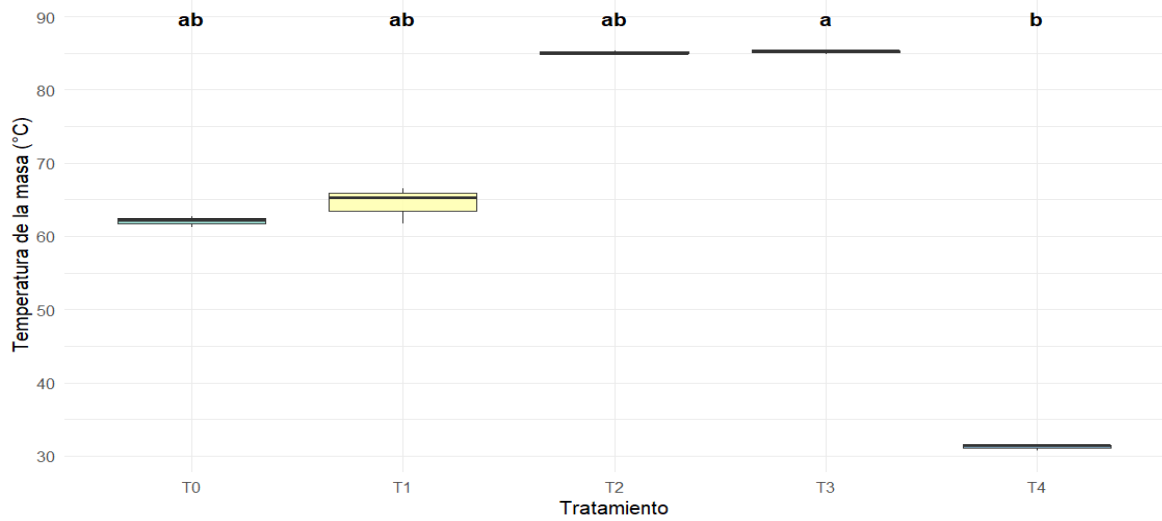
**Tabla 26.** Prueba de Dunn para temperatura de la masa C2.

Comparación	Valor z	Valor-p sin ajustar	Valor-p ajustado
T0-T1	-0.4568435	0.647783506	1.0000000
T0-T2	-1.7816898	0.074799828	0.74799828
T1-T2	-1.3248563	0.185222143	1.0000000
T0-T3	-1.9644272	0.049480567	0.49480567
T1-T3	-1.5075837	0.131661109	1.0000000
T2-T3	-0.1827374	0.855004055	1.0000000
T0-T4	1.0050558	0.314869984	1.0000000
T1-T4	1.1618993	0.143768797	1.0000000
T2-T4	2.7867456	0.005324026	0.05324026
T3-T4	2.9694830	0.002983013	0.02983013

En la figura 10 se muestra el diagrama de caja y bigote de acuerdo con la prueba de Dunn en donde se mostró que los tratamientos T0 y T1 son estadísticamente iguales ya que se encuentran ubicados en valores de 60 a 70 °C, de igual manera, los tratamientos T2 y T3 ubicados entre valores de 80 a 90 °C no presentaron diferencias, además se observó que el tratamiento T4 tiene diferencias con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en estabilidad de la masa.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Dunn,  $p < 0.05$ )



**Figura 10.** Diagrama de caja y bigote para temperatura de la masa C2 en la prueba de Dunn.

#### 4.1.3 Resultados fisicoquímicos

- Humedad

En la tabla 27 se muestra los resultados después de una prueba Shapiro en el cual se observó que el valor  $p$  0.176 es superior al  $p$  0.05, de acuerdo con los resultados se acepta la hipótesis nula y los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 27.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para humedad.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.91744	0.176

En la tabla 28 se muestra los resultados después de una prueba de homocedasticidad en la cual el valor de  $p$  resultante 0.7088 es mayor al valor  $p$  0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula y que no existe diferencia significativa entre tratamientos.

**Tabla 28.** Prueba de homocedasticidad para humedad.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	0.542	0.7088

En la tabla 29 se detalla los resultados después de una prueba de ANOVA, en los datos se observó que el valor  $p$   $2.96 \cdot 10^{-8}$  es inferior al valor  $p$  0.05, en base a los resultados se rechaza la hipótesis nula y se recalca que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 29.** Análisis de varianza para humedad.

	Df	Sum	Mean	F Value	Pr
Tratamiento	4	5.625	1.4062	111.7	2.96*10 <sup>-8</sup>
Residuals	10	0.126	0.0126		

En la tabla 30 se muestra los datos resultantes de la prueba de Tukey para humedad, los datos mostraron diferencias entre todos los tratamientos, destacando al tratamiento T4 con el mayor contenido de humedad y al T0 con el menor contenido de humedad.

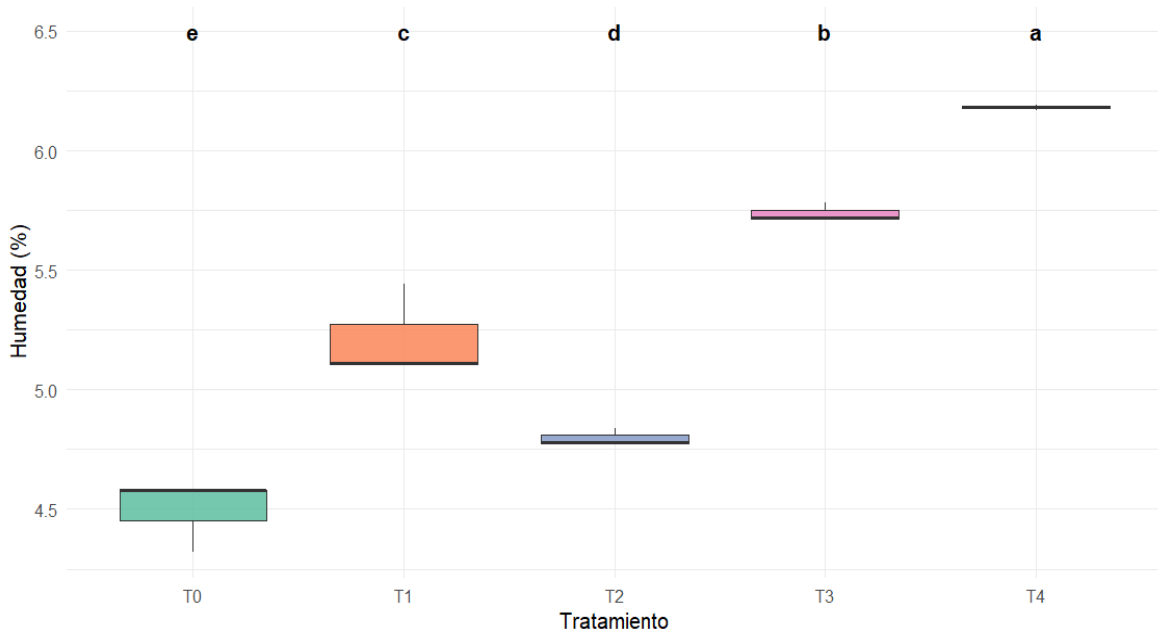
**Tabla 30.** Prueba de Tukey para humedad.

Tratamientos	Media	Agrupación
T4	6.180000	A
T3	5.736667	B
T1	5.216667	C
T2	4.496667	D
T0	4.493333	E

En la figura 11 se muestra el diagrama de caja y bigote de acuerdo con la prueba de Tukey, en la que se visualizó que ninguno de los tratamientos presenta igualdad estadística debido a que tienen porcentajes de humedad muy distintos.

Diferencias significativas en contenido de humedad.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 11.** Diagrama de caja y bigote para humedad por la prueba de Tukey.

- Grasa

En la tabla 31 se detalla los resultados de una prueba Shapiro para grasa, en los datos se observó que el valor de p 0.0106 es inferior al valor p 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula demostrando que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 31.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para grasa.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.83464	0.0106

En la tabla 32 se muestra los resultados después de una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis dando como resultado que el valor de p 0.008885 es menor al valor p 0.05 con lo cual se rechaza la hipótesis nula demostrando que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 32.** Prueba de Kruskal-Wallis para grasa.

Prueba	Chi cuadrado	gl	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test	13.548	4	0.008885

En la tabla 33 se detalla los resultados después de una prueba de Dunn en la cual se mostró que el tratamiento T0 presentó diferencia significativa en comparación de los tratamientos T1, T2 y T3 los cuales no tiene una diferencia estadística.

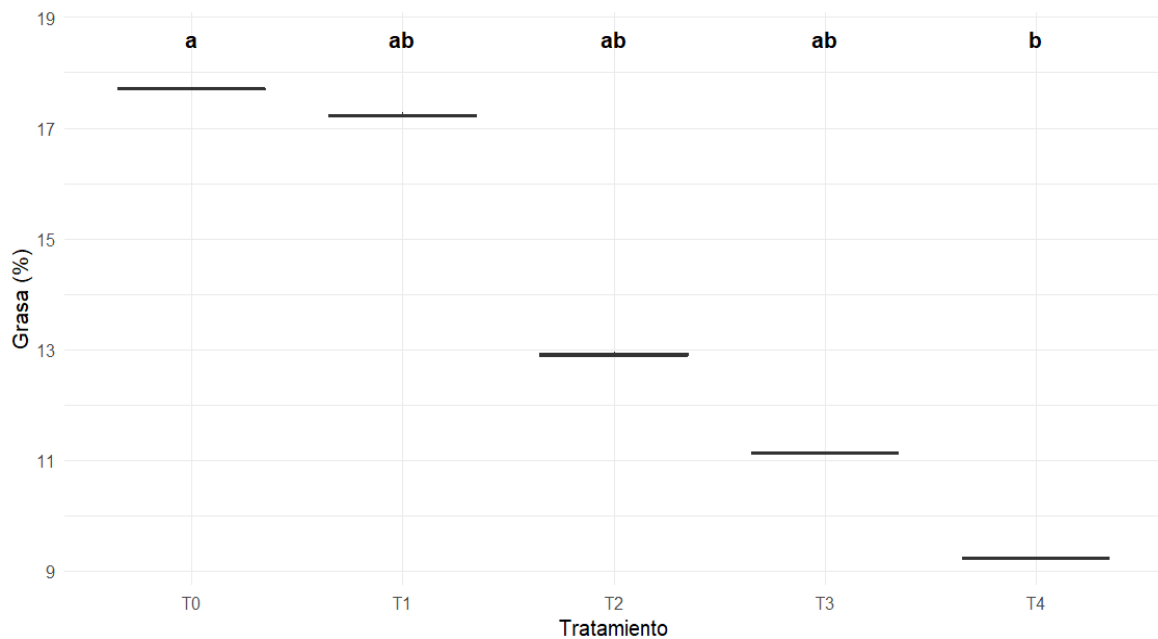
**Tabla 33.** Prueba de Dunn para grasa.

Comparación	Valor z	Valor-p sin ajustar	Valor-p ajustado
T0-T1	0.8230549	0.4104767789	1.000000000
T0-T2	1.6461098	0.0997411585	0.997411585
T1-T2	0.8230549	0.4104767789	1.000000000
T0-T3	2.4691647	0.0135428880	0.135428880
T1-T3	1.6461098	0.0997411585	0.997411585
T2-T3	0.8230549	0.4104767789	1.000000000
T0-T4	3.2922196	0.0009939997	0.009939997
T1-T4	2.4691647	0.0135428880	0.135428880
T2-T4	1.6461098	0.0997411585	0.997411585
T3-T4	0.8230549	0.4104767789	1.000000000

En la figura 12 se muestra el diagrama de caja y bigote de acuerdo con la prueba de Dunn en la cual se observó que los tratamientos T0, T1, T2 y T3 se encuentran agrupados en un solo conjunto a diferencia del tratamiento T4 el cual no presenta similitud con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en grasa.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Dunn,  $p < 0.05$ )



**Figura 12.** Diagrama de caja y bigote para grasa por la prueba de Dunn.

#### 4.1.4 Resultados microbiológicos

En la tabla 34 se presentan los resultados microbiológicos de las galletas de harina y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio.

Los resultados mostraron que las galletas a base de harina y amaranto con nanopartículas de carbonato de calcio presentaron valores menores a 10 UFC/g estimado en aerobios mesófilos y ausencia total de mohos y levaduras, coliformes y E.coli y salmonella.

**Tabla 34.** Análisis microbiológicos en galletas de harina y amaranto

Requisitos	Unidad	Máximo	Resultados	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	UFC/g	1.5*10 <sup>6</sup>	<10	NOM-092-SSA1-1994
Mohos y levaduras	UFC/g	2*10 <sup>2</sup>	Ausencia	NOM-111-SSA1-1994
Coliformes y E.coli	UFC/g	10 <sup>2</sup>	Ausencia	AOAC 991.14
Salmonella	UFC/g	Ausencia	Ausencia	AOAC 967.26

#### 4.1.5 Resultados nutricionales

- Carbohidratos

En la tabla 35 se muestra los resultados de una prueba se Shapiro para carbohidratos en los que se evidenció que el valor de p 0.0446 es menor al valor p 0.05 por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se observó que los datos presentaron diferencia estadística por lo cual no siguen una distribución normal.

**Tabla 35.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para carbohidratos.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.8782	0.0446

En la tabla 36 se evidencia los resultados de una prueba de Kruskal wallis en la cual se obtuvo un valor de p 0.01212 el cual es inferior al valor p 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula observando que existe diferencia entre los tratamientos.

**Tabla 36.** Prueba de Kruskal-Wallis para carbohidratos.

Prueba	Chi cuadrado	gl	Valor-p
Kruskal-Wallis rank sum test	12.833	4	0.01212

En la tabla 37 se muestra los datos después una prueba de Dunn para carbohidratos en la cual se registró que el tratamiento T0 y T3 presentaron diferencias con el resto de los tratamientos.

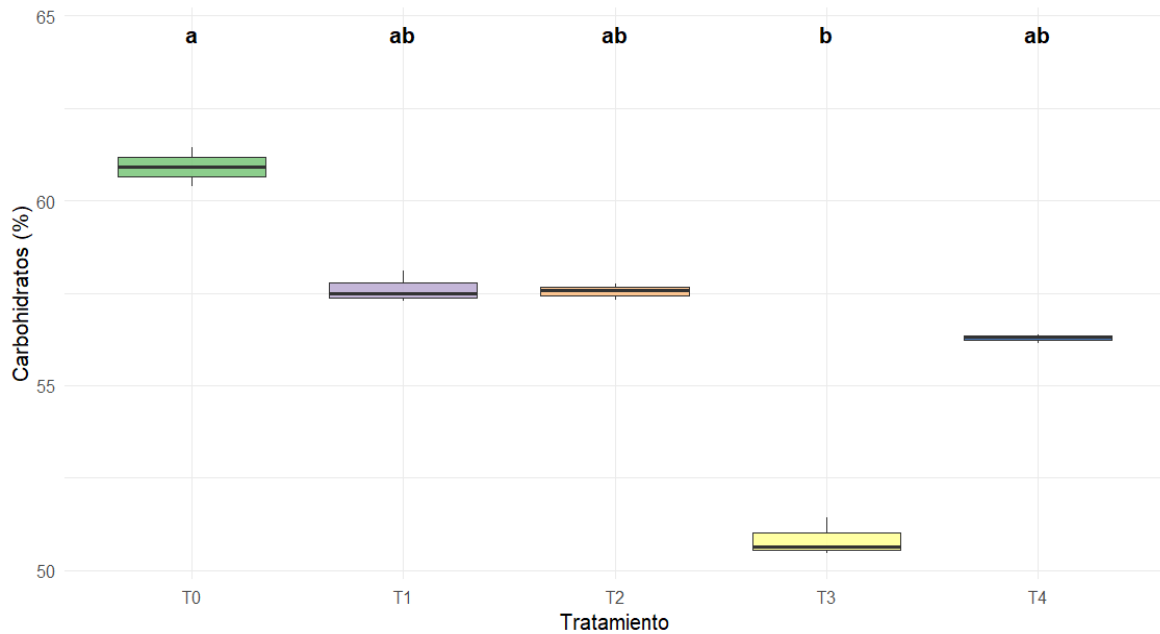
**Tabla 37.** Prueba de Dunn para carbohidratos.

Comparación	Valor z	Valor-p sin ajustar	Valor-p ajustado
T0-T1	1.27801930	0.201242621	1.00000000
T0-T2	1.18673221	0.235333267	1.00000000
T1-T2	-0.09128709	0.927264474	1.00000000
T0-T3	3.28633535	0.001015001	0.01015001
T1-T3	2.00831604	0.044609718	0.44609718
T2-T3	2.09960314	0.035763767	0.35763767
T0-T4	2.46475151	0.013710830	0.13710830
T1-T4	1.18673221	0.235333267	1.00000000
T2-T4	1.27801930	0.201242641	1.00000000
T3-T4	-0.82158384	0.411212792	1.00000000

En la figura 13 se muestra el diagrama de caja y bigote relacionado con la prueba de Dunn en la cual se mostró la similitud estadística de los tratamientos T0, T1, T2 y T4 los cuales están ubicados entre valores de 55 a 60% y el tratamiento T3 presentó diferencia con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en carbohidratos.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Prueba de Dunn,  $p < 0.05$ )



**Figura 13.** Diagrama de caja y bigote para carbohidratos por la prueba de Dunn.

- Proteína

En la tabla 38 se muestran los resultados de una prueba de Shapiro para proteína en la cual se obtuvo un valor de p 0.0595 siendo este mayor al valor p 0.05 con lo cual se acepta la hipótesis nula siendo así que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 38.** Prueba de Shapiro-Wilk normality para proteína.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.88634	0.05905

En la tabla 39 se describe los resultados después de una prueba de homocedasticidad en la cual el valor resultante de p 0.3644 es superior al valor p 0.05 siendo así que la hipótesis nula es aceptada, por tanto, los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 39.** Prueba de homocedasticidad para proteína.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	1.2131	0.3644

En la tabla 40 se muestra los resultados de un análisis de varianza para carbohidratos obteniendo un valor de p  $2.96 \times 10^{-8}$  siendo este considerablemente menor al valor p 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula describiendo que existe diferencia estadística significativa entre tratamientos.

**Tabla 40.** Análisis de varianza para proteína.

	Df	Sum	Mean	F Value	Pr
Tratamiento	4	5.625	1.4062	111.7	2.96x10 <sup>-8</sup>
Residuals	10	0.126	0.0126		

En la tabla 41 se detalla los resultados tras una prueba de Tukey para proteína en la se mostró la diferencia entre cada uno de los tratamientos. El tratamiento T4 presentó un porcentaje mayor de proteína a diferencia del tratamiento T0 el cual es el tratamiento con menor contenido de humedad.

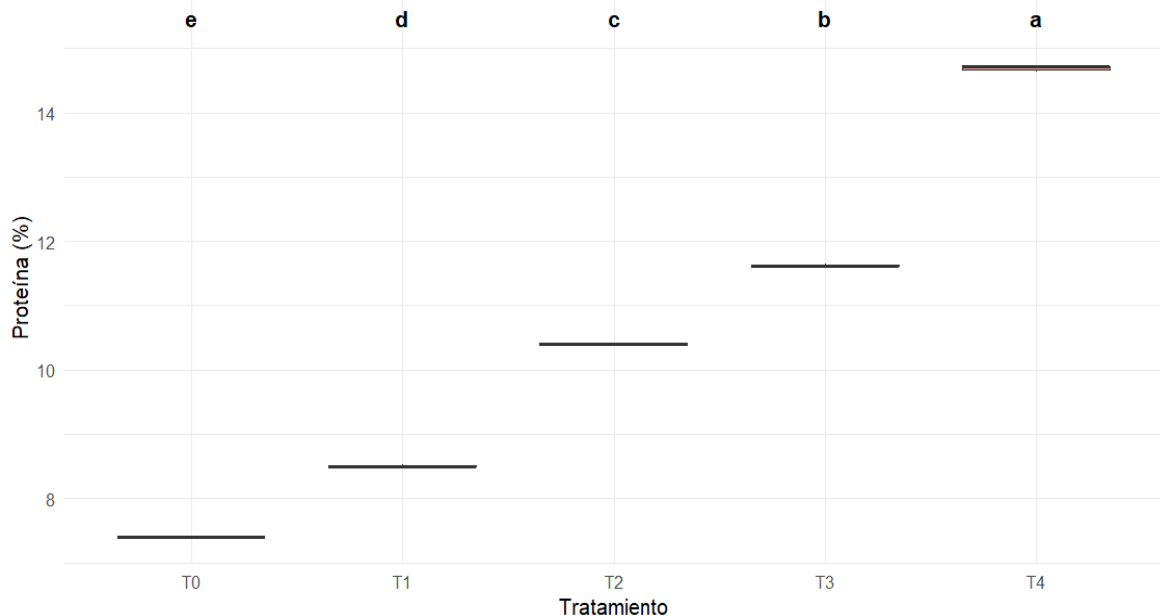
**Tabla 41.** Prueba de Tukey para proteína.

Tratamientos	Media	Agrupación
T4	14.696667	A
T3	11.623333	B
T2	10.400000	C
T1	8.506667	D
T0	7.393333	E

En la figura 14 del diagrama de caja y bigote correspondiente a la prueba de Tukey de proteína se mostró la diferencia estadística entre todos los tratamientos debido a que cada uno se agrupa en conjuntos diferentes.

Diferencias significativas en contenido de proteína.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 14.** Diagrama de caja y bigote para proteína por la prueba de Tukey.

- Fibra

En la tabla 42 se muestran los resultados de una prueba de Shapiro para fibra en la cual se obtuvo un valor de p 0.0837 siendo el mismo superior al valor p 0.05 por lo cual se acepta la hipótesis nula y se evidenció que existe diferencia entre al menos dos de los tratamientos.

**Tabla 42.** Prueba de Shapiro-Wilk normality para fibra.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.89627	0.08347

En la tabla 43 se detalla los resultados después de una prueba de homocedasticidad en la cual el valor resultante de p 0.4126 es superior al valor p 0.05 por lo cual la hipótesis nula es aceptada y los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 43.** Prueba de homocedasticidad para fibra.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	1.087	0.4136

En la tabla 44 se muestra los resultados después de una prueba de análisis de varianza en la cual se obtuvo un valor de p  $5.11 \times 10^{-7}$  siendo este significativamente inferior al valor p 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula lo que significa que los datos no siguen una distribución normal.

**Tabla 44.** Análisis de varianza para fibra.

	Df	Sum	Mean	F Value	Pr
Tratamiento	4	241.77	60.44	61.92	5.11x10 <sup>-7</sup>
Residuals	10	9.76	0.98		

En la tabla 45 se muestra los datos resultantes después de una prueba de Tukey para fibra en la cual se observó que existe similitud entre los tratamientos T2 y T4 al igual que los tratamientos T1 y T0, siendo así el único tratamiento que no presentó similitud con ninguno el T3.

**Tabla 45.** Prueba de Tukey para fibra.

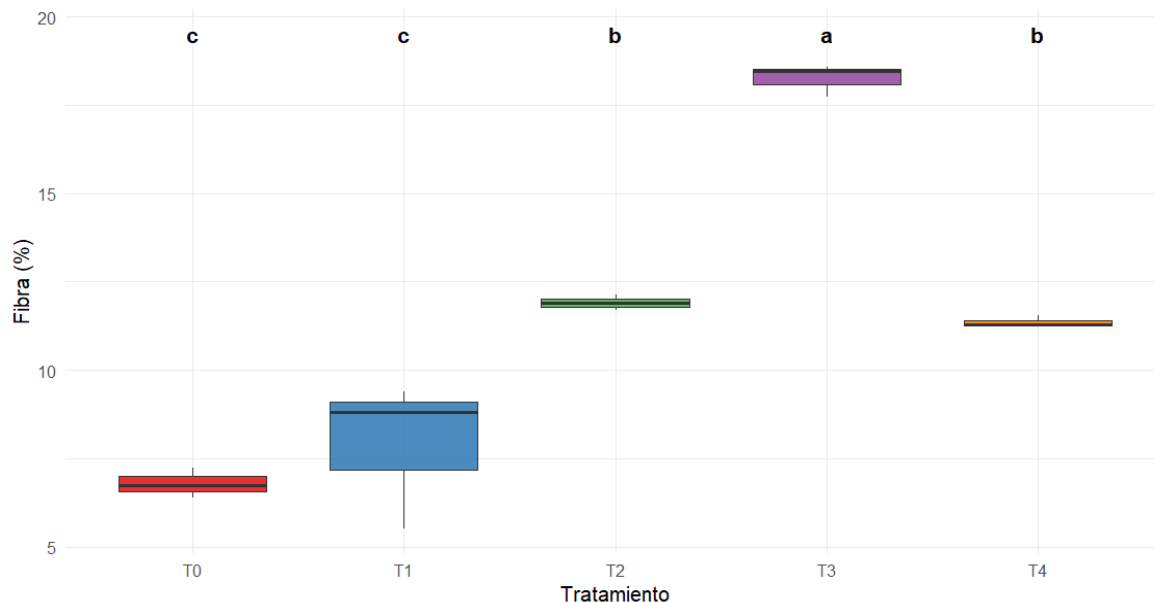
Tratamientos	Media	Agrupación
T3	18.25667	A
T2	11.91000	B
T4	11.36333	B
T1	7.91000	C
T0	6.79000	C

En la figura 15 se muestra el diagrama de caja y bigote representativo de la prueba de Tukey en la que se muestra la similitud de los tratamientos T0 y T1 que se ubican

entre valores de 5 a 10%, de igual manera, los tratamientos T2 y T4 no presentaron diferencias significativas ya que se encuentran entre valores de 10 a 15%, además, se observó que el tratamiento T3 es aquel que presenta diferencias con el resto de los tratamientos.

Diferencias significativas en contenido de fibra.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 15.** Diagrama de caja y bigote para fibra por la prueba de Tukey.

- Ceniza

En la tabla 46 se muestra los resultados de una prueba de Shapiro para ceniza en los cuales se observó que el valor de  $p$  0.1624 es superior al valor de  $p$  0.05 por lo tanto, se acepta la hipótesis nula considerando que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 46.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para ceniza.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.91515	0.1624

En la tabla 47 se detalla los resultados después de una prueba de homocedasticidad para ceniza, en los cuales se observó que el valor de  $p$  0.4384 es superior al valor  $p$  0.05, por lo cual se procede a aceptar la hipótesis nula y a considerar que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 47.** Prueba de homocedasticidad para ceniza.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	1.0294	0.4384

En la tabla 48 se muestra los resultados después de un análisis de varianza en la que se observó que el valor de p resultante  $1.15 \times 10^{-10}$  es significativamente inferior al valor  $p < 0.05$  por lo cual se rechaza rotundamente la hipótesis nula.

**Tabla 48.** Análisis de varianza para ceniza.

	<b>Df</b>	<b>Sum</b>	<b>Mean</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr</b>
Tratamiento	4	0.4143	0.1036	345.2	$1.15 \times 10^{-10}$
Residuals	10	0.0030	0.0003		

En la tabla 49 se describe los resultados después de una prueba de Tukey para ceniza en los cuales se observó que existe similitud únicamente entre los tratamientos T2 y T3. El tratamiento es aquel con mayor porcentaje de ceniza a diferencia del tratamiento T4.

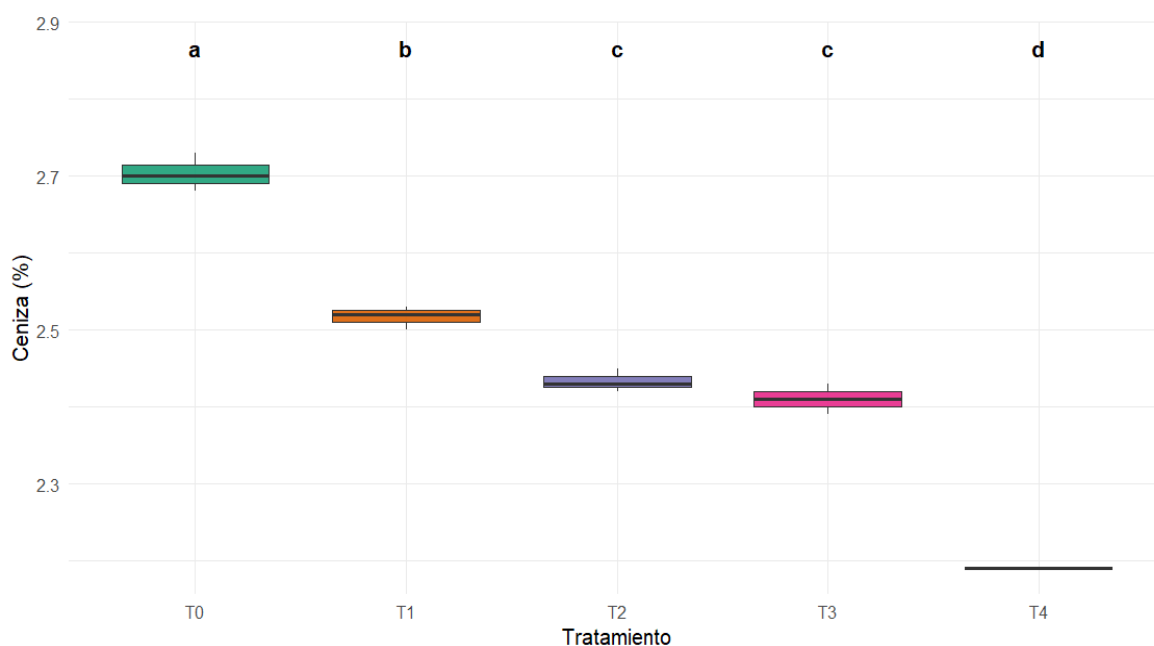
**Tabla 49.** Prueba de Tukey para ceniza.

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T0	2.703333	A
T1	2.516667	B
T2	2.433333	C
T3	2.410000	C
T4	2.190000	D

En la figura 16 se presenta el diagrama de caja y bigote acorde a la prueba de Tukey, en la cual se observó que los tratamientos T2 y T3 presentan similitud al encontrarse ubicados entre valores de 2.3 a 2.5% y se evidencia la diferencia que existe con el resto de los tratamientos los cuales presentan valores diferentes.

Diferencias significativas en contenido de ceniza.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 16.** Diagrama de caja y bigote para ceniza por la prueba de Tukey.

- Energía

En la tabla 50 se muestra los resultados de la prueba de Shapiro para energía calórica en los cuales se evidenció que el valor de p 0.06703 es superior al valor de p 0.05 por lo tanto, se acepta la hipótesis nula debido a que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 50.** Prueba de Shapiro-Wilk de normalidad para energía calórica.

Prueba	Estadístico	Valor-p
Shapiro-Wilk normality test	0.88999	0.06703

En la tabla 51 se muestra los después de una prueba de homocedasticidad para energía calórica en donde se indicó que el valor p 0.6696 el cual es mayor al valor p 0.05 por lo cual se acepta la hipótesis nula considerando que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 51.** Prueba de homocedasticidad para energía calórica.

Prueba	Valor F	Valor P
Levene's Test	0.6025	0.6696

En la tabla 52 se evidencia los resultados después de una prueba de análisis de varianza para energía calórica en donde se observó que el valor p resultante  $1.48 \times 10^{-13}$  es significativamente inferior al valor p 0.05 por lo cual se procede a rechazar la hipótesis nula.

**Tabla 52.** Análisis de varianza para energía calórica.

	<b>Df</b>	<b>Sum</b>	<b>Mean</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr</b>
Tratamiento	4	14391	3598	1315	1.48*10 <sup>-13</sup>
Residuals	10	27	3		

En la tabla 53 se muestra los resultados de una prueba de Tukey en la que se evidenció que no existe similitud entre los tratamientos, por lo cual a cada uno se le designó una letra diferente, siendo así el Tratamiento T0 con mayor contenido de energía calórica y el tratamiento T3 con el menor contenido de energía calórica.

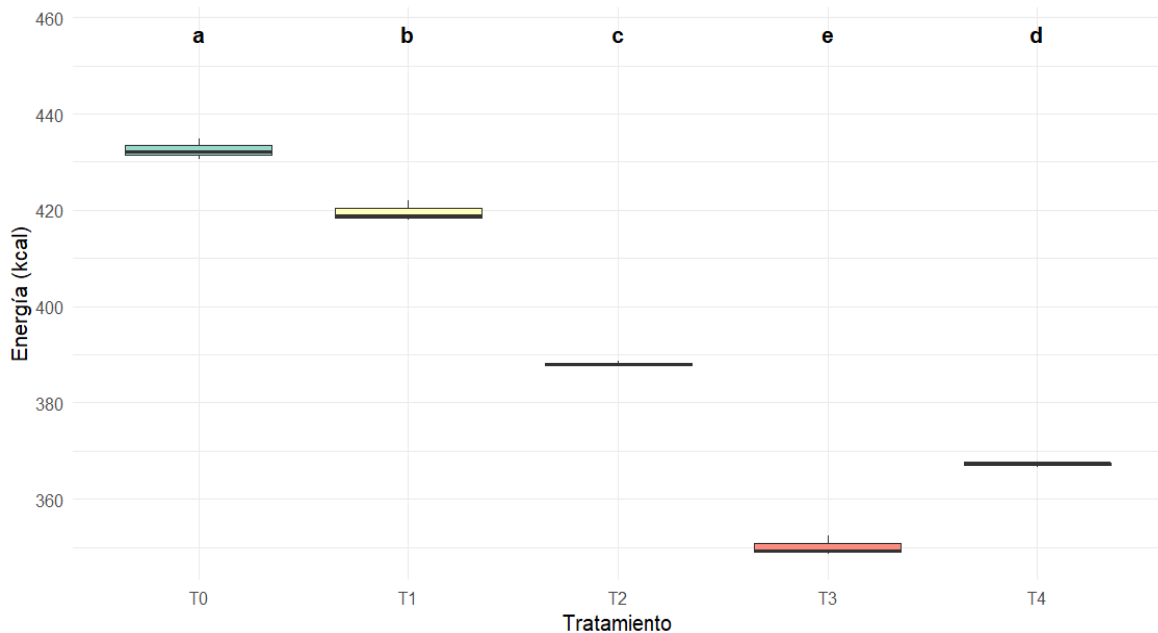
**Tabla 53.** Prueba de Tukey para energía calórica.

<b>Tratamientos</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
T0	432.5867	A
T1	419.5933	B
T2	288.0233	C
T4	367.2167	D
T3	350.0533	E

En la figura 17 se muestra el diagrama de caja y bigote para energía calórica de acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey, en la que se evidenció la diferencia entre tratamientos debido a que cada tratamiento se agrupó en conjuntos diferentes.

Diferencias significativas en contenido energético.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Tukey HSD,  $p < 0.05$ )



**Figura 17.** Diagrama de caja y bigote para energía calórica por la prueba de Tukey.

#### 4.1.6 Resultados sensoriales

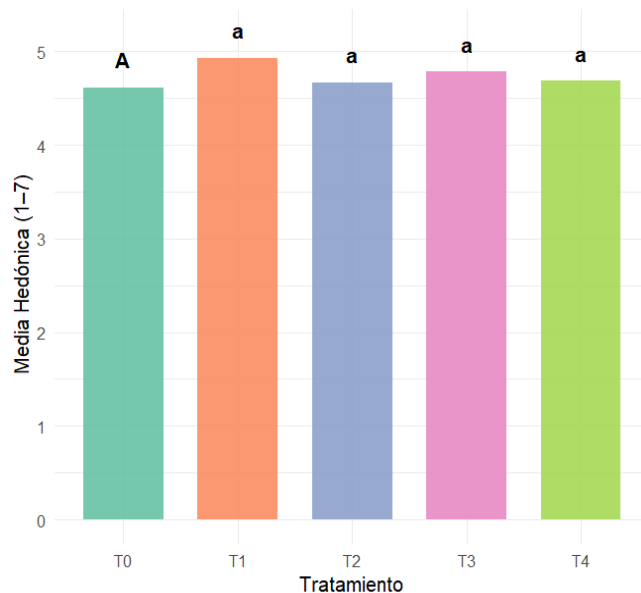
- Color

Se realiza una prueba de Friedman y Nemenyi para visualizar si existe o no diferencias significativas entre los tratamientos,

En la figura 18 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman para el atributo de color en la evaluación sensorial, las letras distintas indican diferencias estadísticas. Considerando la figura 18 no existió una diferencia estadísticamente significativa en el atributo de color; pueden existir ligeras variaciones basándose en la escala hedónica que entre 4.47 y 5 pero esto no es representativo.

Evaluación sensorial: Color.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



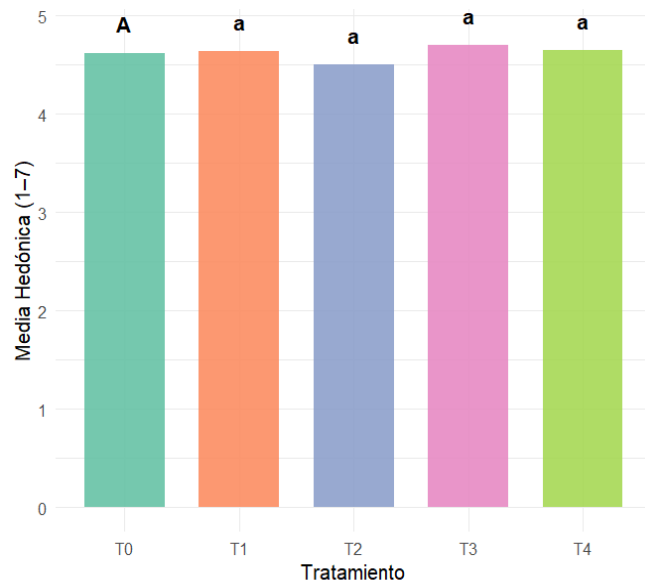
**Figura 18.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de color.

- Olor

En la figura 19 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo del olor en una evaluación sensorial. Mediante la interpretación que observó que no existe diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos por lo cual a todos les corresponde la letra "a". De acuerdo con los datos cualquier modificación hecha a los tratamientos no alteró el atributo del olor.

Evaluación sensorial: Olor.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)

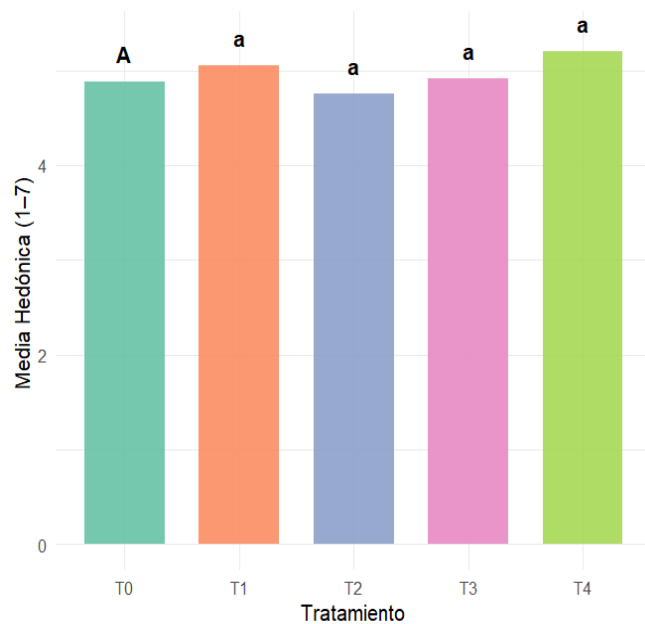


**Figura 19.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de olor.

En la figura 20 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo del sabor de las galletas, de acuerdo con los resultados no se observó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos por lo cual a todos se les asigna la letra "a"; al no tener diferencias significativas las galletas presentan un nivel aceptable y comparable.

Evaluación sensorial: Sabor.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



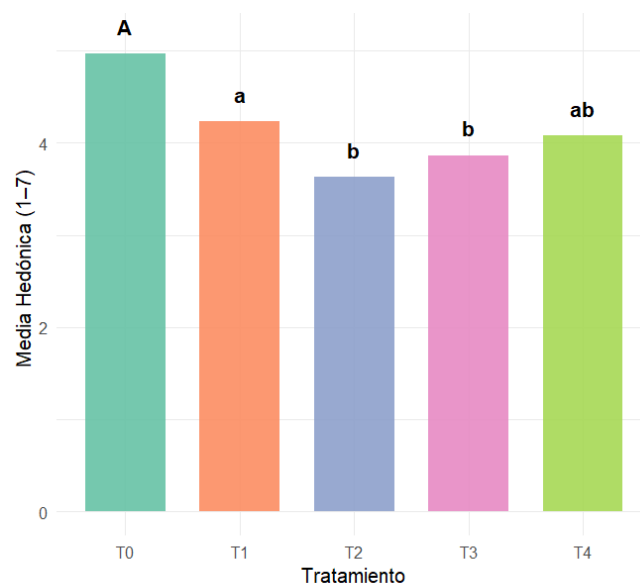
**Figura 20.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de sabor.

- Crocancia

En la figura 21 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo de la crocancia de las galletas. Mediante los datos se mostró que los tratamientos T2 y T3 tienen las medias más bajas lo que significa que existe menor preferencia en cuanto a la crocancia, esto a diferencia de T0 y T1. Los tratamientos T1 y T4 presentaron valores intermedios, el T1 es significativamente diferente de T0, T2 y T3, pero no de T4. Por esta razón se designa diferentes letras a los tratamientos

Evaluación sensorial: Crocancia.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



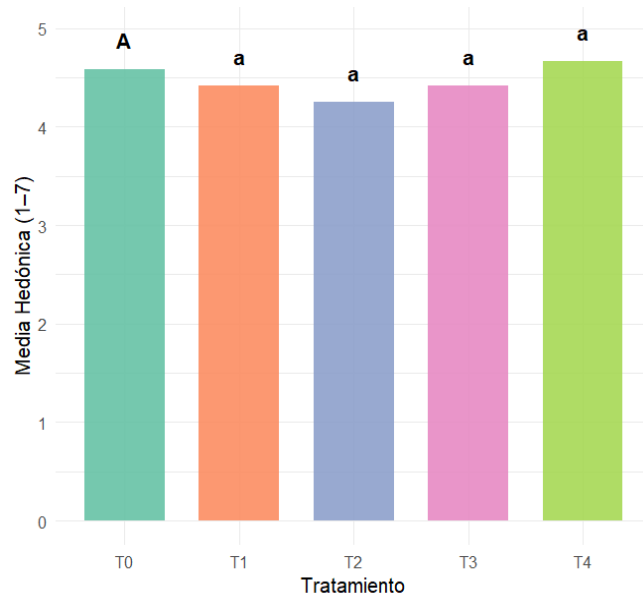
**Figura 21.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de crocancia.

- Friabilidad

En la figura 22 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo de friabilidad, conforme a los resultados no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos por lo cual a todos los tratamientos se le asignó la misma letra "a" por lo cual todos exhiben una friabilidad similar.

Evaluación sensorial: Friabilidad.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



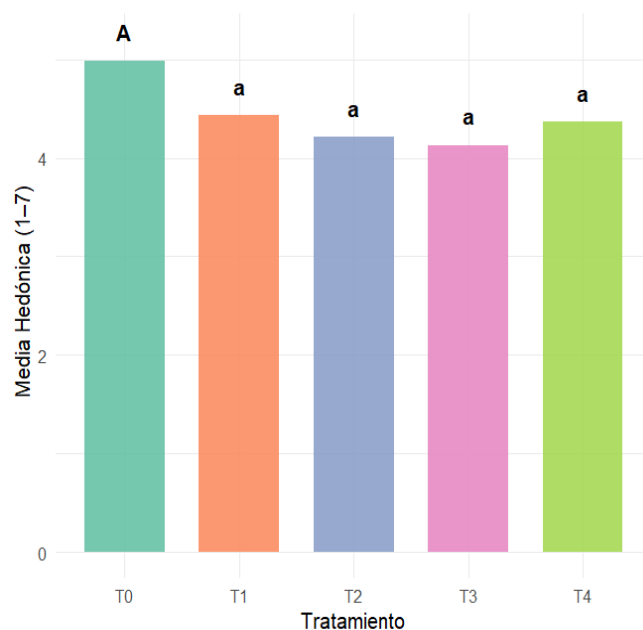
**Figura 22.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de friabilidad.

- Dureza

En la figura 23 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo de dureza de galletas. En la figura se mostró que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos a razón que se les designa la misma letra a todos, únicamente se observó que el T0 (testigo) presentó una mayor aceptación en el término de dureza a comparación del resto de tratamientos.

Evaluación sensorial: Dureza.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



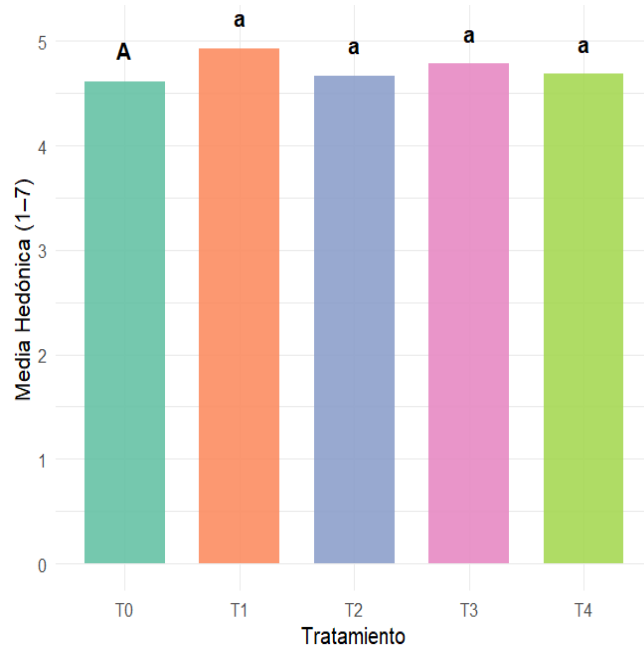
**Figura 23.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de dureza.

- Aceptabilidad

En la figura 24 se muestra los resultados del análisis estadístico con la prueba de Friedman y Nemenyi para el atributo de aceptabilidad de galletas. Se mostró que entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4 no existió una diferencia estadísticamente significativa por lo cual a todos se les asigna la misma letra "a".

Evaluación sensorial: Aceptabilidad.

Letras distintas indican diferencias estadísticas (Friedman + Nemenyi)



**Figura 24.** Prueba estadística de Friedman y Nemenyi para el atributo de aceptabilidad.

- Análisis global

En la tabla 54 se presenta un análisis global de todos los atributos evaluados en la prueba sensorial mostrando que atributos son significativos y cuáles no. Correspondiendo a la figura 21, únicamente el atributo de crocancia presenta una diferencia estadísticamente significativa.

**Tabla 54.** Análisis global de atributos sensoriales.

Atributo	Valor p	Significativo
Color	0.4814	No
Olor	0.9060	No
Sabor	0.5557	No
Crocancia	0.0000	Sí
Friabilidad	0.5548	No
Dureza	0.0740	No
Aceptabilidad	0.0740	No

En la tabla 55 se muestra los resultados de un análisis global de todos los atributos mostrando sus diferencias y similitudes mediante la designación de letras de acuerdo con su valor estadístico.

**Tabla 55.** Análisis global de atributos sensoriales por letras.

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Crocancia	Friabilidad	Dureza	Aceptabilidad
T0	A	A	A	A	A	A	A
T1	a	a	a	a	a	a	a
T2	a	a	a	b	a	a	a
T3	a	a	a	b	a	a	a
T4	a	a	a	ab	a	a	a

## 4.2. DISCUSIÓN

### 4.2.1 Resultados reológicos

- Estabilidad

Dentro de los parámetros reológicos que arrojan el equipo de Mixolab se presenta la estabilidad de la masa la cual se define como la resistencia de la masa al amasado. CıNGöz & Yörükoğlu (2022) en su estudio sobre la determinación de propiedades reológicas de masas sustituidas por harinas alternativas evaluaron la estabilidad de la masa en harinas de trigo, cebada, avena, sarraceno, algarroba y garbanzo dando como resultado que la harina de trigo presentó un valor de 8.97 min, mientras que las harinas de cebada y avena presentaron un incremento en la estabilidad con valores de 9.36 min y 9.31 min respectivamente, estos datos en comparación con el presente estudio se asemeja a los datos de los tratamientos T0 con 9.0 min, T1 con 9.27 min y T2 con 8.50 min.

De igual manera Hoang et al (2022) en su investigación para evaluar si las mezclas de trigo de invierno influyen en las propiedades reológicas y parámetros del Mixolab del grano, establece que el valor de estabilidad determina la firmeza de la masa, es decir, entre mayor sea el tiempo mayor firmeza tendrá la harina. En su investigación obtuvieron valores de 4.37 min para la harina de trigo, en cuanto a las variedades de Butterfly y Butterfly Lorien se obtuvo 6.20 min y 6.37 min respectivamente, en cuanto a la variedad Vanessa y la mezcla de Illusion y Vanessa resultó valores de 5.30 min y 5.33 min respectivamente.

Tomando en cuenta la investigación anterior se evidencia una disminución de la estabilidad en las harinas tal es el caso de los tratamientos T3 y T4 que presentaron valores de 1.50 min y 3.40 min respectivamente, la variación de los valores se justifica con la variedad de harinas usadas en cada estudio.

#### 4.2.2 Resultados amilásicos

- Par C1

Para obtener los resultados amilásicos de las harinas de chocho y amaranto se utilizó el equipo Mixolab Chopin 2 el cual arroja diferentes características, entre ellas el torque C1, el cual indica la absorción de agua de la harina y la consistencia máxima de la masa. Según Hassan et al (2020) en su estudio sobre la composición química, reológica, organoléptica y calidad de atributos del pan fino sin gluten, en el cual también realizó el uso del Mixolab para determinar características reológicas, obtuvo valores del torque C1 de 1.07 a 1.17 nm los cuales corresponden a la harina de control (harina de mijo) y la mezcla de harinas (harina de mijo, harina de arroz y harina de maíz), durante el tiempo del torque C1 la temperatura asciende, la viscosidad disminuye y la dilución de la proteína se realiza hasta alcanzar el torque C2, estos datos en comparación los con tratamientos T0, T1 y T2 los cuales presentan valores de 1.08 nm, 1.253 nm y 1.005 nm respectivamente presentan similitudes por lo cual se puede decir que tienen una capacidad de absorción similar.

De igual manera Abdel-Aziz (2019) en su investigación sobre los parámetros Mixolab de la harina compuesta de trigo/quinua y su relación con la calidad, en la cual es el parámetro del torque C1 obtuvo un valor de 1.07 para la muestra de control (100 g de harina de trigo) y al compararla con las mezclas de (90 g de harina de trigo y 10 g de harina de quinua) y (85 g de harina de trigo y 15 g de harina de quinua) observó que no existe diferencia significativas en relación con la muestra de control; al usar la temperatura de 30°C ocurrió un debilitamiento en el gluten al igual que la consistencia de la masa, los datos de esta investigación en comparación con los datos de los tratamientos T3 y T4 con valores de 0.732 nm y 0.795 nm respectivamente, muestran pequeñas diferencias debido a el uso de harinas libre de gluten las cuales tiene menor contenido de absorción de agua.

- Tiempo C2

Durante la formación del torque C2 existe un tiempo el cual condiciona la estabilidad de la masa, este tiempo es conocido como tiempo C2 el cual es aquel en que la masa tiene propiedades viscoelásticas para la retención de gas. De esta manera Hassan et al (2020) en su investigación sobre la composición química, reológica, organoléptica y calidad de atributos del pan sin gluten observo que las muestras de control (harina de mijo y maíz) presentaron el menor tiempo, 8.88 min y 8.18 min respectivamente, por consecuencia fueron las harinas con menor estabilidad de la

masas, por otro lado la mezcla de harinas (harina de mijo, harina de arroz y almidón de arroz) presentó el mayor índice de estabilidad con 10.13 min), tomando en cuenta estos valores y en comparación con los resultados arrojados en la presente investigación se evidencia una similitud con el tratamiento T4 el cual presentó un valor de 7.15 min lo que indica que las propiedades viscoelásticas de las harinas de amaranto y chocho se asemejan a las propiedades de las harinas de mijo y maíz.

A su vez Hadnadev et al (2011) en su estudio sobre las propiedades reológicas de cultivos alternativos de harina de trigo evaluadas por Mixolab, en la determinación del debilitamiento de la masa por la reducción de las proteínas lo cual viene determinado por el torque C2 y va de la mano con el tiempo C2, observó que la harina de amaranto presentó el menor tiempo, para la determinación del torque C2 con 0.50 min y la harina de arroz obtuvo el tiempo más alto para la determinación del torque C2, a diferencia de los valores que arrojó la presente investigación sobre la harina de amaranto con 17.58 nm se observa una gran diferencia en cuanto a las propiedades viscoelásticas, dicha diferencia llega a ser el resultados de la variedad de granos usados para la elaboración de la harina y el proceso que se llevó a cabo para realizarla.

- Par C2

Dentro de los parámetros de Mixolab el torque C2 expresa el debilitamiento de la masa como consecuencia de la reducción de proteína; de acuerdo a la investigación de Hassan et al (2020) sobre la composición química, reológica, organoléptica y calidad de atributos del pan fino sin gluten los valores mínimos que arrojaron en sus análisis fueron de 0.71 nm en la muestra de control (100 g harina de trigo), por otro lado, en las mezclas (95 g de harina de trigo y 5 g de harina de quinua), (90 g de harina de trigo y 10 g de harina de quinua) y ( 85 g de harina de trigo y 15 g de harina de quinua) el valor máximo presentado en el torque C2 fue de 0.85 nm, en comparación con los datos de la investigación se obtuvo que el tratamiento T1 con 0.68 nm se asemeja a los valores mencionados, estableciendo una similitud en el debilitamiento de la masa de las harinas de trigo, harina de quinua, harina de amaranto y harina de chocho.

Por otro lado, Hoang et al (2022) en su estudio realizado para evaluar si las mezclas de trigo de invierno influyen en la calidad reológica y de Mixolab del grano, determinaron que si los valores de Par C2 están entre 0.5 y 0.6 nm, tienen una alta

calidad de proteína, sin embargo los resultados que obtuvieron fueron inferiores a dichos valores ya que resultó de 0.4 nm siendo la variedad Butterfly sembrada individualmente la que obtuvo un valor de 0.42 nm, comparando con el análisis realizado en esta investigación se observa que los tratamientos T0, T2, T3 y T4 con valores de 0.58 nm, 0.565 nm, 0.542 nm y 0.499 nm respectivamente presentan una similitud en el debilitamiento de la masa de la harina de Butterfly con las harinas de chocho y amaranto.

- Temperatura de la masa C2

En las propiedades reológicas determinadas por el Mixolab, la temperatura tiene relación con la calidad de la proteína y las modificaciones en las propiedades fisicoquímicas de la harina, en base a este contexto Amjad et al (2022) en su estudio sobre la evaluación de las características reológicas y de calidad del pan elaborado mediante la adición de jengibre en polvo en harina de trigo observó que la temperatura de la masa entre la segunda y tercera etapa, es decir, C2 y C3 varió entre 45°C a 52°C lo cual hizo que entre esos puntos se presenciara el torque más bajo que influyó directamente en la gelatinización del almidón.

Por su parte Hadnadev et al (2011) en su investigación sobre las propiedades reológicas de cultivos alternativos de harina de trigo evaluadas por Mixolab evaluando las propiedades de harinas con y sin gluten, obtuvo valores de entre 53.9 °C a 59.2°C para las variaciones de las harinas de trigo, en el caso de harina de amaranto la temperatura de la masa fue de 60.2°C y la harina de soja presentó la temperatura más alta con 72.4 °C lo cual indica que el torque de C2 fue alto, el valor de temperatura de masa C2 de la harina de amaranto de la presente investigación presentó un valor de 62.03°C el cual se acerca al valor del estudio realizado por Hadnadev et al (2011) con lo cual se evidencia una similitud en la calidad de la proteína de las variedades de harina de amaranto.

#### 4.2.3 Resultados fisicoquímicos

- Humedad

En la norma INEN 2085:2005 sobre los requisitos para galletas establece que el valor máximo de humedad debe ser 10%, en el caso del presente trabajo de investigación el valor más alto de humedad arrojó un valor de 6.18% entrando en los parámetros de la norma. Según, Cankurtaran Kömürcü & BiLgiÇli (2023) en su estudio sobre el enriquecimiento de galletas con y sin gluten de las harinas de castaña (HC), lupino

(HL) y calabaza (HZ) obtuvo como resultado un valor de humedad de 2.98%, 3.01%, 3.53%, 3.78 y 3.82% para sus tratamientos T0 (100 harina de arroz), T1 (12% HC, HL y HZ + 88% harina de arroz), T2 (24% HC, HL y HZ + 76% harina de arroz), T3 (36% HC, HL y HZ + 64% harina de arroz), T4 (48% HC, HL y HZ + 52% harina de arroz) respectivamente, comparando estos datos con los resultados arrojados en la presente investigación se evidencia que el aumento de harina de lupino o chocho aumenta la humedad de las mezclas debido a que el tratamiento T4 con el 40% de harina de chocho presentó el mayor contenido de humedad con 6.18%.

Del mismo modo Sayali Pawar et al (2023) en su investigación sobre el desarrollo y análisis fisicoquímico de harinas ricas en nutrientes a base de amaranto y castaña para galletas, concluyó que el contenido de humedad de las galletas disminuyó mientras se aumentaba en porcentaje de harina de amaranto y castaña en un rango de 9.85% a 2.35%, dicha relación se evidencia en el estudio presente ya que el T0 con 100% de harina de amaranto presentó el menor contenido de humedad con 4.49%.

- Grasa

De acuerdo con la norma NMX-F-006-1983 para galletas establece que el valor mínimo de contenido graso en galletas es de 10%, pero dicho valor puede disminuir en galletas sin relleno, con respecto a los valores resultantes del presente trabajo de investigación, el valor menor obtenido es de 9.23% con lo cual está dentro de los parámetros establecidos en la norma. Según Cabrera Mera et al (2023) en su investigación sobre la sustitución de harina de trigo (HT) por harina de chocho (HC) para elaboración de galletas obtuvo valores de 35.57%, 33.74%, 31.77%, 28.54% y 26.25% para sus tratamientos T0 (100% HC), T1 (75% HC y 25% HT), T2 (50% HC y 50% HT), T3 (25% HC y 75% HT) y T4 (100% HT) respectivamente, en comparación con los datos resultados de esta investigación se presenta una gran diferencia debido a que se presenta valores de 9.23% a 17.71%. dicha diferencia se da como resultado de la variedad de harina de chocho y la ausencia total de gluten en las mezclas.

De igual manera Sayali Pawar et al (2023) en su estudio sobre el desarrollo y análisis fisicoquímico de harinas ricas en nutrientes a base de amaranto y castaña para galletas obtuvo un porcentaje de grasa que va desde 4.50% hasta 23.56%, esto a razón de que se usó elementos grasos como aceite y mantequilla en su formulación, la relación presentada sobre el aumento de harina de amaranto es proporcional al contenido de grasa, se evidencia en los datos resultados de la presente investigación

debido a que el T0 con 100% harina de amaranto presentó 17.71% de grasa siendo este el tratamiento con mayor contenido de grasa.

#### 4.2.4 Resultados microbiológicos

Conforme a la NTE INEN 2085:2005 para galletas establece parámetros microbiológicos para galletas, en la cual el recuento de aerobios mesófilos existe un límite de  $1 \cdot 10^4$  UFC/g, en mohos y levaduras un máximo de  $2 \cdot 10^2$  UFC/g, para coliformes ausencias totales. En la norma mexicana NMX-F-006-1983 el límite para aerobios mesófilos es de  $3 \cdot 10^4$  UFC/g y tanto para coliformes como E. coli debe existir ausencia total de los mismos. De acuerdo con la norma colombiana ntc-1241 en los requisitos microbiológicos para galletas sin relleno establece un máximo de  $5 \cdot 10^3$  UFC/g para aerobios mesófilos, para coliformes un límite de 10 UFC/g y tanto como para salmonella como para E. coli exige ausencia total. Tomando en cuenta la norma ecuatoriana, mexicana y colombiana y todos los parámetros establecidos en las mismas, los análisis microbiológicos realizados en la presente investigación arrojaron resultados favorables, pues en aerobios mesófilos se obtuvo un máximo de  $<10$  UFC/g y ausencia total en mohos y levaduras, salmonella, coliformes y E. coli, por lo que todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de límites establecidos en las normas.

#### 4.2.5 Resultados nutricionales

- Carbohidratos

Los carbohidratos son una de las tres fuentes de energía más importantes para el cuerpo humano, junto con las proteínas y los lípidos. La galleta contiene hasta un 64.3% de carbohidratos los cuales son digeribles. Por estos y otros antecedentes en el estudio realizado por Herrera-Enciso et al (2023) el cual habla sobre la presencia de carbohidratos en galletas a base de lenteja y alpiste, se determinó un porcentaje bajo de este, lo que representaría una ventaja, pues genera menor impacto en el incremento de la concentración de glucosa en sangre, en especial para personas con diabetes mellitus tipo 2 y; disminuir la ingesta calórica en poblaciones susceptibles, como niños y adolescentes. En el estudio realizado los tratamientos 2 y 4 presentan un contenido de carbohidratos del 61,2% menor en referencia al resto de tratamientos, por lo que se encuentran dentro de los límites determinados en las investigaciones analizadas, convirtiendo de este modo la cantidad de carbohidratos en digeribles, los cuales no generan daño a la salud.

- Proteína

De acuerdo con Lara & Bustos (2022) determina que una galleta con 30% de harina de chocho puede aportar aproximadamente un 9% del valor diario recomendado de proteína en una porción de 30 gramos, esto equivale a 5 gramos de proteína por porción, si se incluye amaranto en la formulación, se suma un aporte adicional de proteína. El amaranto contiene aproximadamente 14,5 g de proteína por cada 100 g, lo cual mejora aún más el perfil nutricional de la galleta. Tomando en cuenta los estudios analizados y a comparación de estos, el presente estudio realizado arroja que el tratamiento 4 constituido principalmente de 60% de harina de amaranto y 40% harina de chocho presenta uno de los valores más altos en cuanto a los porcentajes de proteínas pues contiene 7 g de esta en una porción de 10g.

- Fibra

En la investigación realizada por Chauhan et al (2015) sobre el análisis "Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour", obtuvieron en sus resultados que las galletas elaboradas con harina de amaranto crudo cuentan con un porcentaje de fibra de 1.29%, mientras que las galletas elaboradas con harina de amaranto germinado presentaron un porcentaje de fibra del 1.39% catalogándolas de este modo como galletas con calidad aceptable.

Del mismo modo Kumari et al (2023) realizaron una investigación en donde se elaboraron galletas de arroz sin gluten mediante la incorporación de harina malteada de trigo, harina de maíz y otros componentes en proporciones diferentes del 15 % y el 30 %, obteniendo como mejor tratamiento y con índices más altos de fibra el tratamiento con 30% el cual está constituido de harina de malta de mijo proso obtenida después de 1 a 4 días de germinación, respectivamente con un porcentaje de fibra del 14.44%.

De este modo los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el tratamiento con mayor porcentaje de fibra es T3 (70% harina de amaranto y 30% harina de chocho), pues contienen 18.26% de fibra, lo que, a comparación de los estudios analizados, este cuenta con un porcentaje de fibra más elevado pero muy beneficioso.

- Ceniza

En la investigación realizada por Feijoo & Parreño (2025) se obtuvo galletas con un porcentaje de ceniza del 1.44%, las cuales fueron elaboradas a base del 75% de harina de quinua y 25% de harina de amaranto. Así también, según Ventura (2015), el porcentaje de ceniza fue del 4%, teniendo en su composición trigo 45%, quinua 15%, chocho 15% y panela 25%. De la misma manera en la presente investigación se obtuvo 2.19% de ceniza; de la galleta elaborada a base de 60% de amaranto y 40% de chocho.

Al analizar ceniza en diferentes formulaciones de galletas, que en su composición son amaranto y chocho, no hay una definición exacta de porcentaje mínimo o máximo, por lo cual debe depender de la materia prima para su elaboración.

- Energía Calórica

El consumo de amaranto es una alternativa práctica y saludable para los niños en etapa escolar, tiene como finalidad contribuir en el aporte de nutrientes y energía. De acuerdo con Lara & Veliz (2017) la harina de amaranto en la formulación de la galleta implicó un aporte significativo en cuanto a energía 62 Kcal, en una porción de 15 g de la galleta, se pudo constatar que la harina de amaranto puede ser utilizada como sustituto parcial de la harina de trigo en la formulación de galletas, debido a su aporte nutricional.

La galleta con mayor valor energético es el tratamiento 1 con 441%, y a pesar de que el índice es algo elevado a comparaciones de las investigaciones analizadas, estas se encuentran dentro de los valores aceptables en una galleta de 10 g.

#### 4.2.6 Resultados sensoriales

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que el atributo de la crocancia presento una diferencia significativa de los tratamientos T1 (90% harina de amaranto y 10 % harina de chocho) y el T4 (60 % harina de amaranto y 40% harina de chocho) en comparación con los tratamientos, en el resto de los atributos no se presencia una diferencia estadística significativa, pero existió una ligera inclinación hacia la muestra de control T0 (100% harina de amaranto).

Con base a los resultados se puede señalar que la hipótesis nula en la investigación es aceptada, es decir, la variación de harina de chocho y amaranto no influyen en las propiedades reológicas, amilásicas, fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales

y sensoriales de las galletas con nanopartículas de carbonato de calcio, al igual que lo evaluado por Plustea et al (2024) en su investigación sobre las características nutricionales, fitoquímicas, sensoriales y respuesta glucémica de galletas con altramuz y brotes de altramuz en la cual la muestra de control (100% harina de trigo) y entre las galletas con diferentes porcentajes de harina de lupino el tratamiento CLSF1 (10% de harina de lupino y 90% harina de trigo) obtuvo la mejor puntuación en todos los atributos sensoriales evaluados.

Los aportes realizados por Chauhan et al (2016) en su investigación sobre características físicas, texturales y sensoriales de las galletas de mezcla de harina de trigo y amaranto en la cual los atributos de color, olor y textura no presentaron diferencias significativas, por otro lado el atributo del sabor fue disminuyendo a partir de la adición del 60% de harina de amaranto lo cual podría deberse a los toques amargos que presenta la harina de amaranto, lo mismo sucede en las galletas que contienen hasta un 60% de harina de amaranto presentan mejor aceptación de las que contienen una porcentaje superior a este.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- En los tratamientos T0, T1 y T2, la estabilidad de la masa para galletas no presentó variación significativa por lo que se determina que la misma es directamente proporcional al tiempo.
- Las propiedades amilásicas se encuentran determinadas por el tipo de harina, su composición y el comportamiento que presenta tanto al calor, la absorción de agua y tiempos para mantenerse estable, por lo que al realizar los respectivos análisis se determinó que no existen diferencias significativas con harinas de otra composición.
- De acuerdo con las propiedades fisicoquímicas analizadas de las galletas, el presente estudio revela que el mejor tratamiento es T4, pues este presenta una humedad de 6.18%, y grasa de 9.18%, parámetros que se encuentran dentro de los límites establecidos para galletas.
- Los valores del conteo microbiológico de las galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio presentaron resultados aceptables dentro de la norma para recuentos de aerobios mesófilos, mohos, levaduras, coliformes, E.coli y salmonella.
- Las galletas enriquecidas con nanopartículas del tratamiento T4 presentaron la mayor aceptación por parte del panel degustador. En cuanto a las propiedades nutricionales, el mejor tratamiento es T4, pues mostró una cantidad aceptable de carbohidratos, además de contener un alto porcentaje de proteína, fibra y ceniza las cuales son muy beneficiosas.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un nuevo estudio elaborando galletas con harina 100% de chocho.
- Evaluar el perfil de liberación de calcio mediante técnicas de biodisponibilidad in vitro" o "Incorporar análisis de textura instrumental con texturómetro Brookfield CTX".
- Realizar una evaluación de vida útil de la harina de chocho y amaranto.

- Realizar una investigación acerca de cómo influye los porcentajes de harina de chocho y amaranto en otro tipo de alimento de panificación.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Aziz. (2019). The Mixolab Parameters of Wheat/Quinoa Composite Flour and Their Relation to Quality Characteristics. *Egyptian Journal of Nutrition*, 34(2), 89-112. <https://doi.org/10.21608/enj.2019.144743>
- Adelerin, R. O., Awolu, O. O., Ifesan, B. O. T., & Nwaogu, M. U. (2024). Pumpkin-based cookies formulated from optimized pumpkin flour blends: Nutritional and antidiabetic potentials. *Food and Humanity*, 2, 100215. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100215>
- Aguilar, R. (2023). *Lupinus mutabilis* sweet: una revisión de sus propiedades nutricionales y tecno-funcionales, y su aplicación en la elaboración de productos horneados. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/63502/TFM-L674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Almeida, J. L. (2015). *Evaluación del rendimiento de cuatro ecotipos de chocho (Lupinus mutabilis), en el Centro Experimental San Francisco, en Huaca – Carchi.*
- Amjad, A., Sohaib, M., Nawaz, H., Javed, M. S., Shah, M., Shah, F.-U.-H., Tariq, M. R., Sajid, M. W., Khan, A. A., Bilal, M., Usman, H., Ahmad, M., & Ahmad, T. M. (2022). Assessment of rheological and quality characteristics of bread made by the addition of ginger powder in wheat flour. *Food Science and Technology*, 42, e47820. <https://doi.org/10.1590/fst.47820>
- Apunte Pinos, G., & León Idrovo, G. (2013, junio 13). *Utilizacion de harina de chocho en la elaboracion de pan.* <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24553/1/Utilizacion%20de%20Oharina%20de%20chocho%20en%20la%20elaboracion%20de%20pan.pdf>
- Barranco Angeles, E. N., Hernández Sánchez, T., & Avila Cid, A. (2023). Elaboración de galletas libres de gluten. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 11 (22), 53-54. <https://doi.org/10.29057/icea.v11i22.10969>
- Berenguer, E. (s. f.). *Galletas*. Recuperado 8 de junio de 2025, de <https://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/galletas.pdf>

- Cabrera Mera, V. J., Benavides Panchana, J. I., Cortez Espinoza, A. C., Aldas Morejon, J. P., & Revilla Escobar, K. Y. (2023a). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 23-33. <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Cabrera Mera, V. J., Benavides Panchana, J. I., Cortez Espinoza, A. C., Aldas Morejon, J. P., & Revilla Escobar, K. Y. (2023b). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 23-33. <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Cankurtaran Kömürçü, T., & Bİlgiçli, N. (2023). Glutenli ve Glutensiz Bisküvilerin Kestane, Lüpen ve Balkabağı Unlarından Hazırlanan Kompozit Un ile Zenginleştirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 1724-1737. <https://doi.org/10.21597/jist.1244653>
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454-1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 939-945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1125773>
- Chicaiza, B. (2017). *Estudio de la producción y comercialización del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en la provincia de Imbabura*. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7171/1/03%20AGN%20031%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>
- CiNGöz, A., & Yörükoğlu, T. (2022). Determination of Rheological Properties of Alternative Flour Substituted Doughs. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(4), 392-400. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1141895>

- Cubillo, D. (2023, febrero 6). Ni alergia, ni intolerancia: Enfermedad Celiac. *IECED Instituto Ecuatoriano de Enfermedades Digestivas*. <https://ieced.com.ec/ni-alergia-ni-intolerancia-enfermedad-celiaca/>
- De Ariño Otxoa, A. (2018). Nanotecnología y seguridad alimentaria. *Nutrición Hospitalaria*, 35(4). <https://doi.org/10.20960/nh.2141>
- De Prada, G. (2011). "Desarrollo de la tecnología de obtención de harina de amaranto de dos variedades (iniap alegría y sangorache) para panificación". <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6d3ffb8f-fc71-4707-89d1-737f0498cfd7/content>
- Delfanian, M., & Sahari, M. A. (2020). Improving functionality, bioavailability, nutraceutical and sensory attributes of fortified foods using phenolics-loaded nanocarriers as natural ingredients. *Food Research International*, 137, 109555. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109555>
- Engracia, J. R. L. (2022). *Preparation and sensory evaluation of biscuit based on yellow pitahaya peel flour (selenicereus megalanthus) flavored with basil (ocimum basilicum) and rosemary (rosmarinus officinalis)*. 1(1).
- FACE. (2024, enero 23). Harina de amaranto: Tres veces más fibra que la harina de trigo y alto valor nutricional. FACE. <https://celiacos.org/harina-de-amaranto-tres-veces-mas-fibra-que-la-harina-de-trigo-y-alto-valor-nutricional/>
- Feijoo, E., & Parreño, Y. (2025). *Elaboración de una galleta a partir de la mezcla de harinas de granos andinos del Ecuador quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus)*.
- García, F. E. V., Morales, M. O. R., & Sánchez, D. P. C. (2011). El calcio en el desarrollo de alimentos funcionales. *Revista lasallista de investigación*, 8(1), 104-116.
- García, G. (2022, noviembre 29). Nanopartículas en la industria de alimentos. *THE FOOD TECH - Medio de noticias líder en la Industria de Alimentos y Bebidas*. <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/nanoparticulas-en-la-industria-de-alimentos/>
- Garcilazo, F. M. (2022, agosto 15). El amaranto más allá de la alegría. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-amaranto-mas-alla-de-la-alegria/>

- Gómez-Alvarez, L. M., & Zapata Montoya, J. E. (2024). Effect of fortification with CaCO<sub>3</sub> nanoparticles obtained from eggshell on the physical and sensory characteristics of three food matrices. *Heliyon*, 10(2), e24442. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24442>
- Hadnadev, T., Torbica, A., & Hadnadev, M. (2011). Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. *Procedia Food Science*.
- Hassan, E., Fahmy, H., Magdy, S., & Hassan, M. (2020). Chemical Composition, Rheological, Organoleptical and Quality Attributes of Gluten-Free Fino Bread. *Egyptian Journal of Chemistry*, 63(11), 4547-4563.
- Hernández-Rodríguez, J. (2023). *Uso del amaranto y su utilidad en el tratamiento del paciente con diabetes mellitus*. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpr/v27n5/1561-3194-rpr-27-05-e5931.pdf>
- Herrera-Enciso, V., Altamirano-Romo, S., García-Rosas, M. D., & Joaquín-Ramos, A. de J. (2023). Características fisicoquímicas y valor nutricional de galleta elaborada de lenteja (*lensculinaris*) y alpiste (*phalariscanariensis*). *Avances en Ciencias e Ingeniería*.
- Herrero, A. (2022). Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>
- Hoang, T. N., Kopecký, M., & Konvalina, P. (2022). Winter wheat mixtures influence grain rheological and mixolab quality. *Journal of Applied Life Sciences and Environment*, 54(4), 417-428. <https://doi.org/10.46909/journalase-2021-036>
- INIAP. (2006). *Usos alternativos del chocho*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>
- Itagi, H. B., Sartagoda, K. J. D., Gupta, N., Pratap, V., Roy, P., Tiozon, R. N., Regina, A., & Sreenivasulu, N. (2023). Enriched nutraceuticals in gluten-free whole grain rice cookies with alternative sweeteners. *LWT*, 186, 115245. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115245>
- Jiménez Ortega, A. I., Martínez García, R. M., Quiles Blanco, M. J., Majid Abu Naji, J. A., & González Iglesias, M. J. (2016). Enfermedad celiaca y nuevas patologías relacionadas con el gluten. *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.345>

- Jurado, E. (2019). "Estudio de la producción y comercialización del amaranto (*Amaranthus sp*) en la provincia de Imbabura". <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9888/2/03%20AGN%20064%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>
- Khatun, M., Ahmed, M. W., Hossain, M. M., Karmoker, P., & Iqbal, A. (2021). Utilization of Banana Peel Flour in Biscuit Making as Wheat Flour Substitute. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(6), Article 6. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2021.3.6.407>
- Kumari, S., Singh, B., & Kaur, A. (2023a). Influence of malted buckwheat, foxtail and proso millet flour incorporation on the physicochemical, protein digestibility and antioxidant properties of gluten-free rice cookies. *Food Chemistry Advances*, 3, 100557. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100557>
- Kumari, S., Singh, B., & Kaur, A. (2023b). Influence of malted buckwheat, foxtail and proso millet flour incorporation on the physicochemical, protein digestibility and antioxidant properties of gluten-free rice cookies. *Food Chemistry Advances*, 3, 100557. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100557>
- Lara, P., & Bustos, B. (2022). PROTEÍNA. *Ingeniería en Agroindustria Alimentaria*.
- Lara, R., & Veliz, G. (2017). *Valor nutritivo de una galleta formulada a base de harina de amaranto, y su aceptabilidad en niños y niñas de 7 a 10 años de edad, que asisten a la Escuela Fiscal Mixta José Mendoza Cucalón de la Ciudad de Guayaquil, año 2017*.
- Licona-Aguilar, Á. I., Lois-Correa, J. A., Torres-Huerta, A. M., Domínguez-Crespo, M. A., Urdapilleta-Inchaurregui, V., Rodríguez-Salazar, A. E., & Brachetti-Sibaja, S. B. (2023). Production of dietary cookies based on wheat-sugarcane bagasse: Determination of textural, proximal, sensory, physical and microbial parameters. *LWT*, 184, 115061. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115061>
- López-Mejía, O. (2014). *Capacidad antioxidante de subproductos de semillas de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*)*. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. <https://ve.scielo.org/pdf/alan/v64n1/art07.pdf>
- Luis. (2019, septiembre 9). *Tipos de Galletas*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/424304041/tipos-de-galletas-docx>

- Manalu, M., Rumida, Julianti, E., & Romauli, N. D. M. (2024). Composites flour formulation made from yellow pumpkin, purple sweet potato, corn, and wolf-herring flour for replacement of wheat flour on low- and high- moisture foods part I: Cookies and muffin. *Food and Humanity*, 2, 100261. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100261>
- Meneses, O., & Burbano, M. (2025). Nutritional, Functional and Microbiological Potential of Andean *Lupinus mutabilis* and *Amaranthus* spp. In the Development of Healthy Foods—A Review. *Foods*, 14(12), 2059. <https://doi.org/10.3390/foods14122059>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *INIAP investigó propiedades nutritivas del chocho, alternativa para una mejor alimentación – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/iniap-investigo-propiedades-nutritivas-del-chocho-alternativa-para-una-mejor-alimentacion/>
- Morillo, H. (2017, febrero 5). *Propiedades físicas y químicas*. topicocalcita. <https://disolucioncalcita.wixsite.com/topicocalcita/single-post/2017/02/09/propiedades-físicas-y-químicas>
- Moscoso, F., & Quera, R. (2015). Enfermedad celiaca: revisión. *Clínica Las Condes*, 26(5), 613-627.
- Navas, V. (2017). *Obtención de un hidrolizado enzimático de harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0f858b08-a89d-4fb8-9ff2-a88c4daee06c/content>
- Nile, S. H., Baskar, V., Selvaraj, D., Nile, A., Xiao, J., & Kai, G. (2020). Nanotechnologies in Food Science: Applications, Recent Trends, and Future Perspectives. *Nano-Micro Letters*, 12, 45. <https://doi.org/10.1007/s40820-020-0383-9>
- Ofталvist, C. (2023, octubre 10). *Amaranto: Para qué sirve, propiedades y beneficios*. <https://www.ofталvist.es/blog/amaranto-propiedades-y-beneficios>
- Ojeda, G. A., Arias Gorman, A. M., & Sgroppo, S. C. (2019). La nanotecnología y su aplicación en alimentos. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 12(23), 1e-14e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.23.67747>
- Pineda, J. P. (2014). *Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten*.

- Plustea, L., Dossa, S., Dragomir, C., Cocan, I., Negrea, M., Obistoiu, D., Poiana, M.-A., Voica, D., Berbecea, A., & Alexa, E. (2024). Comparative Study of the Nutritional, Phytochemical, Sensory Characteristics and Glycemic Response of Cookies Enriched with Lupin Sprout Flour and Lupin Green Sprout. *Foods*, 13(5), 656. <https://doi.org/10.3390/foods13050656>
- Quilca, P. (2020). *Elaboración de harina de chocho para enriquecer harina de trigo*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9f5bc18-c490-4543-8c5d-e714eed60e5/content>
- Ruíz, P., & Paramo, E. (2019). *¿Entrecruces entre Lupinus domesticados y silvestres? El tarwi del Perú*. 195-200.
- Sattar, M., Saeed ,Farhan, Afzaal ,Muhammad, Rasheed ,Amara, Asif ,Aliha, Sharif ,Sadia, Hussain ,Muzzamal, Asad Ur Rehman ,Hafiz, Raza ,Muhammad Ahtisham, Munir ,Haroon, & and Al Jbawi, E. (2024). An overview of the nutritional and therapeutic properties of amaranth. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 263-272. <https://doi.org/10.1080/10942912.2024.2304266>
- Sayali Pawar, Prof. Nisha Wagh, & Rohit Jagdale. (2023). Development and Physio-Chemical Analysis of Amaranth and Foxnut Flour-Based Nutrient-Rich Cookies. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 277-284. <https://doi.org/10.48175/IJAR SCT-7978>
- suramericana. (2019, julio 19). *¿Qué es el gluten y cómo afecta a la salud? Seguros SURA Colombia*. <https://segurossura.com/co/blog/salud/que-es-el-gluten-y-como-afecta-a-la-salud/>
- Tesis y Master. (2024). *¿Qué es una investigación experimental?* <https://tesisymasters.com.ar/investigacion-experimental-definicion/>
- Tintaya Coarita, E. M. (2017). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (Lupinus tomentosus)*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/items/2a0cd4cf-ff58-4b83-bcf3-d5fdf6221537>
- Valls, D. J. I. (2021, noviembre 29). *Beneficios y propiedades del amaranto que debes conocer*. Blog de Clínica Baviera. <https://www.clinicabaviera.com/blog/propiedades-del-amaranto-que-debes-conocer/>

Ventura, J. (2015). *Elaboración de galletas integrales enriquecidas con quinua (chenopodium quinoa l.) Y pasta de chocho (lupinus mutabilis sweet) edulcoradas con panela.*

Vilca, N. A. T., & Pilamala, I. A. (2012). *ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE AMARANTO INIAP-ALEGRÍA (Amaranthus caudatus) Y PANELA.* <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3118>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**ACTA**

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

<b>ESTUDIANTE:</b>	Campóes Cholca Pamela Lisbeth	<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1755363767
<b>PERIODO ACADÉMICO:</b>	2025A		
<b>PRESIDENTE TRIBUNAL</b>	PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez	<b>DOCENTE TUTOR:</b>	PhD. Marco Ruben Burbano Pulles
<b>DOCENTE:</b>	Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero		

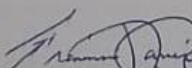
**TEMA DEL TIC:** "Influencia de la variación de porcentajes de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus* spp.) en las propiedades reológicas, amilásicas físico químicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio"

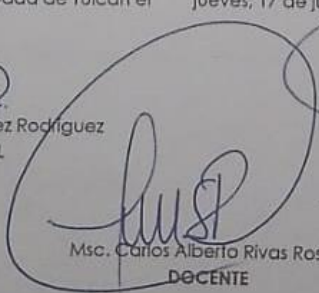
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	Revisar el título del trabajo para adaptarlo a la normativa
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,67	Deben utilizar bibliografías de alto impacto en todo el documento
3	METODOLOGÍA	9,00	Explicar de mejor manera las metodologías en la sección correspondiente
4	RESULTADOS	9,00	
5	DISCUSIÓN	9,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,67	Revisar en la operacionalización de variables los métodos (mixolab)
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,33	Deben revisar faltas ortográficas y de redacción

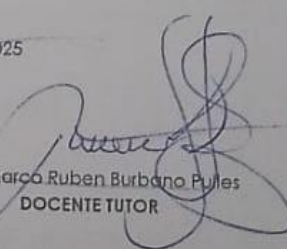
Obteniendo una nota de: **8,83** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

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 **jueves, 17 de julio de 2025**

  
 PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez  
**PRESIDENTE TRIBUNAL**

  
 Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero  
**DOCENTE**

  
 PhD. Marco Ruben Burbano Pulles  
**DOCENTE TUTOR**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

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

ESTUDIANTE:	Pérez Vozmediano Jamileth	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726584657
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:	"Influencia de la variación de porcentajes de harinas de chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) y amaranto ( <i>Amaranthus spp.</i> ) en las propiedades reológicas, amilásicas físico químicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas enriquecidas con nanopartículas de carbonato de calcio"		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	Revisar el título del trabajo para adaptarlo a la normativa
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9,67	Deben utilizar bibliografías de alto impacto en todo el documento
3	METODOLOGÍA	9,00	Explicar de mejor manera las metodologías en la sección correspondiente
4	RESULTADOS	9,00	
5	DISCUSIÓN	9,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,67	Revisar en la operacionalización de variables los métodos (mixolab)
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	9,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,33	Deben revisar faltas ortográficas y de redacción

Obleniendo una nota de: **8,83** 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 **Jueves, 17 de Julio de 2025**

PhD. Francisco Javier Domínguez Rodríguez  
PRESIDENTE TRIBUNAL

PhD. Marco Ruben Burbano Pulles  
DOCENTE TUTOR

Msc. Carlos Alberto Rivas Rosero  
DOCENTE

**Anexo 2.** Certificado del abstract por parte de idiomas

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

<b>ABSTRACT- EVALUATION SHEET</b>				
<b>NAME:</b> Pamela Lisbeth Campués Cholca y Jamileth Pérez Vozmediano				
<b>DATE:</b> Lunes, 1 de septiembre de 2025.				
<b>Topic:</b> "Influencia de la variación de harinas de chocho (Lupinus mutabilis) y amaranto (Amaranthus spp.) en las propiedades reológicas, amilásicas fisicoquímicas, microbiológicas, nutricionales y sensoriales, de galletas con nanopartículas de carbonato de calcio"				
<b>MARKS AWARDED</b>		<b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	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 type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	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.
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	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 type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	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 type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	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 type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		



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

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

**Autor:** Pamela Lisbeth Campués Cholca y Jamileth Pérez Vozmediano

**Fecha de recepción del abstract:** Jueves, 28 de agosto de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Lunes, 1 de septiembre 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.-



MSC. Jairo Guevara Rosero  
DIRECTOR DE CENTROS ACADÉMICOS Y DE  
FORMACIÓN COMPLEMENTARIA

### Anexo 3. Evidencia



**Figura 25.** Peso de crisoles vacíos para humedad



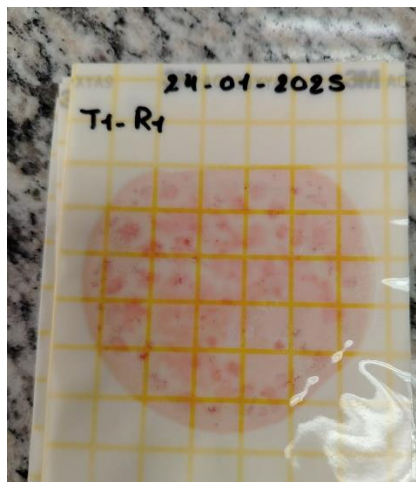
**Figura 26.** Peso de crisoles con muestra para humedad



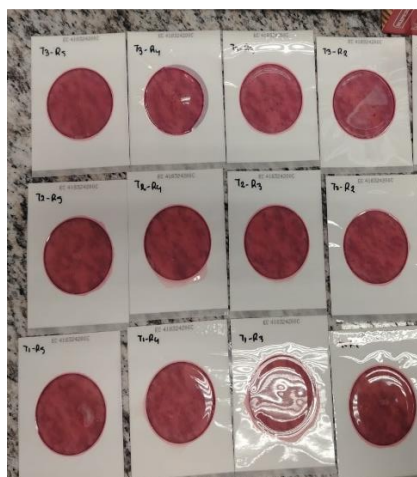
**Figura 27.** Peso de la muestra para ceniza



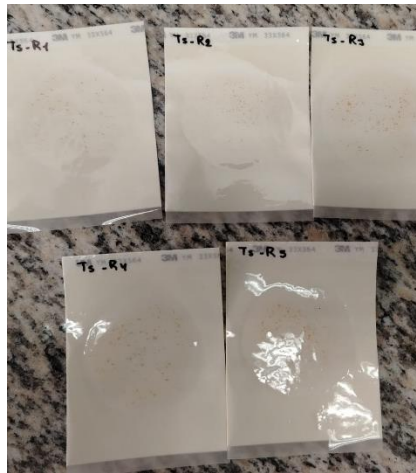
**Figura 28.** Muestras de ceniza después de la calcinación



**Figura 29.** Placa Petrifilm para aerobios mesófilos



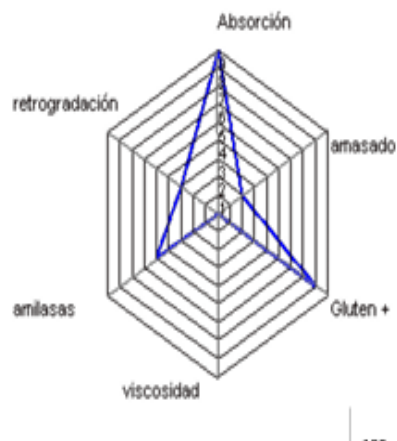
**Figura 30.** Placas Petrifilm para coliformes y E.coli



**Figura 31.** Placas Petrifilm para mohos y levaduras



**Figura 32.** Placas Petrifilm para Salmonella



**Figura 33.** Diagrama de araña para Mixolab

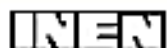


**Figura 34.** Preparación de reactivos para fibra en EPN



**Figura 35.** Determinación de gluten

**Anexo 4.** Norma INEN 2085: 2005 para galletas



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2 085:2005**  
**Primera revisión**

---

**GALLETAS. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

COOKIES. SPECIFICATIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Productos alimenticios, productos a base de harina, productos de pastelería, galletas, requisitos.  
AL 02.08-420

Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria

GALLETAS.  
REQUISITOS.

NTE INEN  
2 085:2005  
Primera revisión  
2005-05

### 1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los diferentes tipos de galletas.

### 2. DEFINICIÓN

2.1 **Galletas.** Son productos obtenidos mediante el horneado apropiado de las figuras formadas por el amasado de derivados del trigo u otras farináceas con otros ingredientes aptos para el consumo humano.

2.1.1 **Galletas simples.** Son aquellas definidas en 2.1 sin ningún agregado posterior al horneado.

2.1.2 **Galletas Saladas.** Aquellas definidas en 2.1 que tienen connotación salada.

2.1.3 **Galletas Dulces.** Aquellas definidas en 2.1 que tienen connotación dulce.

2.1.4 **Galletas Wafer.** Producto obtenido a partir del horneado de una masa líquida (oblas) adicionada un relleno para formar un sánduche.

2.1.5 **Galletas con relleno.** Aquellas definidas en 2.1 a las que se añade relleno.

2.1.6 **Galletas revestidas o recubiertas.** Aquellas definidas en 2.1 que exteriormente presentan un revestimiento o baño. Pueden ser simples o rellenas.

2.1.7 **Galletas bajas en calorías.** Es el producto definido en 2.1 al cual se le ha reducido su contenido calórico en por lo menos un 35 % comparado con el alimento normal correspondiente.

2.2 **Leudantes.** Son microorganismos, enzimas y sustancias químicas que acondicionan la masa para su horneado.

2.3 **Agentes de tratamiento de harinas.** Son sustancias que se añaden a la harina para mejorar la calidad de cocción o el color de la misma; como agente de tratamiento de harina se considera a: los blanqueadores, acondicionadores de masa y mejoradores de harina.

### 3. CLASIFICACIÓN

3.1 Las Galletas se clasifican en los siguientes tipos:

3.1.1 Tipo I Galletas saladas

3.1.2 Tipo II Galletas dulces

3.1.3 Tipo III Galletas wafer

3.1.4 Tipo IV Galletas con relleno

3.1.5 Tipo V Galletas revestidas o recubiertas

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Las galletas se deben elaborar en condiciones sanitarias apropiadas, observándose buenas prácticas de fabricación y a partir de materias primas sanas, limpias, exentas de impurezas y en perfecto estado de conservación.

4.2 La harina de trigo empleada en la elaboración de galletas debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 616.

4.3 A las galletas se les puede adicionar productos tales como: azúcares naturales, sal, productos lácteos y sus derivados, lecitina, huevos, frutas, pasta o masa de cacao, grasa, aceites, levadura y cualquier otro ingrediente apto para consumo humano.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos Específicos

5.1.1 Requisitos Bromatológicos. Las galletas deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 1.

TABLA 1.

Requisitos	Min	Max	Método de ensayo
pH en solución acuosa al 10%	5,5	9,5	NTE INEN 526
Proteína % (%N x 5,7)	3,0	—	NTE INEN 519
Humedad %	—	10,0	NTE INEN 518

##### 5.1.2 Requisitos Microbiológicos

5.1.2.1 Las galletas simples deben cumplir con los requisitos microbiológicos de la tabla 2.

TABLA 2.

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras upc/g	3	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10

5.1.2.2 Las galletas con relleno y las recubiertas deben cumplir con los requisitos microbiológicos de la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos para galletas con relleno y para galletas recubiertas

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
R.E.P. ufc/g	3	$1,0 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	1	NTE INEN 1529-5
Mohos y levaduras upc/g	3	$2,0 \times 10^2$	$5,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-10
Estafilococos aureus					
Coagulasa positiva ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	—	0	NTE INEN 1529-14
Coliformes totales ufc/g	3	$< 1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	1	NTE INEN 1529-7
Coliformes fecales ufc/g 3	3	ausencia	—	0	NTE INEN 1529-8

En donde:

- n número de unidades de muestra
- m nivel de aceptación
- M nivel de rechazo
- c número de unidades entre m y M

### 5.1.3 Aditivos

5.1.3.1 A las galletas se les puede adicionar aditivos tales como: saborizantes, emulsificantes, acentuadores de sabor, leudantes, humectantes, agentes de tratamiento de las harinas, antioxidantes y colorantes naturales en las cantidades permitidas de conformidad con la NTE INEN 2 074 y en otras disposiciones legales vigentes.

5.1.3.2 Se permite la adición del Dióxido de azufre y sus sales (metabisulfito, bisulfito, sulfito de sodio y potasio) como agentes de tratamiento de las harinas, conservantes o antioxidantes, en una cantidad máxima de 200 mg/kg, expresado como dióxido de azufre.

5.1.3.3 Para los rellenos de las galletas wafer y de las galletas con relleno, se permite el uso de colorantes artificiales que consten en las listas positivas de aditivos alimentarios para consumo humano según NTE INEN 2 074.

### 5.1.4 Contaminantes

5.1.4.1 El límite máximo de contaminantes, para las galletas en sus diferentes tipos, son los indicados en la tabla 4.

TABLA 4. Contaminantes

Metales pesados	Límite máximo
Arsénico, como As, mg/kg	1,0
Plomo, como Pb, mg/kg	2,0

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 476

### 6.2 Aceptación o Rechazo

6.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma, se repetirán los ensayos en la muestra testigo reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

## 7. ENVASADO Y EMBALADO

7.1 Las galletas se deben envolver y empaquetar en material adecuado que no altere el producto y asegure su higiene y buena conservación.

7.2 La calidad de todos los materiales que conforman el envase, como por ejemplo: tinta, pegamento, cartones, etc.; deben ser grado alimentario.

## 8. ROTULADO

8.1 El rotulado debe cumplir con lo indicado en la NTE INEN 1 334-1 y 1 334-2. Además debe constar la forma de conservación del producto.

## APENDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 476:1980	<i>Productos empaquetados o envasados. Método de muestreo al azar</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518:1981	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 519:1981	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 526:1981	<i>Harinas de origen vegetal. Determinación del ión Hidrógeno</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 616:1992	<i>Harina de Trigo. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 334-1:2000	<i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 334-2:2000	<i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-5:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos Aerobios mesófilos REP</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-7:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del recuento de colonias</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-8:1990	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y escherichia Coli</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-10:1998	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de Mohos y levaduras viables</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-14:1998	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de staphylococcus aureus</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 074:1996	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos</i>

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Instituto Colombiano de Norma Técnicas ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 1241. *Productos de molinería. Galletas* (quinta revisión), Bogotá 1996
- Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial ICAITI. Norma centroamericana 34 191:87, Guatemala 1987
- Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT. Norma Panamericana 1451, Lima 1983
- Norma Venezolana COVENIN 1483-83 Caracas 1983
- American Institute of Baking. *Cooking Chemistry and Technology*. Kansas 1969.

**Anexo 5.** Norma colombiana NTC 1241 para galletas

**NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA**

**NTC  
1241**

---

2007-08-29

**PRODUCTOS DE MOLINERÍA.  
GALLETAS**



E: FOOD PRODUCTS. MILLED PRODUCTS. COOKIES

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES: galleta; producto de panadería;  
producto a base de harina; producto  
alimenticio.

---

I.C.S.: 67.060

---

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

---

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 1241 (Sexta actualización) fue ratificada por el Consejo Directivo del 2007-08-29.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 50 Productos de molinería.

ALIMENTOS POLAR	DON MAÍZ S.A.
ALMAVIVA S.A.	ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA.
BIMBÓ DE COLOMBIA S.A.	HARINERA DEL VALLE
CARULLA VIVERO S.A.	HARINERA INDUPAN S.A.
COLOMBINA DEL CAUCA	IVONNE BERNIER LABORATORIOS
COMPAÑÍA DE GALLETAS NOEL S.A.	JULIO ROBERTO LÓPEZ, INDEPENDIENTE
DELTA GEN LTDA.	PRODUCTOS ALIMENTICIOS DORIA S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ALIMENTOS POLAR S.A.	EXTRUCOL
ANIPAN	FÁBRICA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS
AREPA DOÑA ALEJA	-RIALTO LTDA.-
ASINAL LTDA.	FACTORES DE MERCADEO
ASOCIACIÓN NACIONAL DE	FEDERACIÓN NACIONAL DE MOLINEROS
EMPRESARIOS DE COLOMBIA - ANDI	DE TRIGO
CAFAM	FRITOLAY COLOMBIA LTDA.
CASA LUKER S.A.	FUNDACIÓN INTAL
COLDAENZIMAS	GENEROSO MANCINI Y CÍA. LTDA.
COMPAÑÍA INDUSTRIAL DE CEREALES S.A.	HARINERA DE TULÚA LTDA.
COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES	HARINERA PARDO S.A.
COMPAÑÍA NACIONAL DE LEVADURAS	ILSI NOR ANDINO
LEVAPÁN S.A.	INDACOL / ANIPAN
CONALPAN LTDA.	INDEPENDIENTE, JULIO LÓPEZ FIGUEROA
DISTRICEITES S.A.	INDUSTRIAS ALIADAS S.A.
DUPONT QUALICON	INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KAREN LTDA.

INDUSTRIAS DEL MAÍZ S.A.  
INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE  
MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS -INVIMA-  
INVERSIONES BAALBEK  
LABORATORIO DE SALUD PÚBLICA DE  
CUNDINAMARCA  
LISTA ALIMENTICIA S.A.  
MAMA-IA  
MASAPAN S.A.  
MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL  
MOLINO APOLO S.A.  
MOLINO SANTA MARTA S.A.  
MOLINOS EL LOBO LTDA.  
MOLINOS LA AURORA  
MOLINOS SAN LUIS S.A.  
MOLINOS SAN MARTÍN  
NABISCO ROYAL INC  
NESTLÉ DE COLOMBIA

NULAB LTDA.  
ORGANIZACIÓN SOLARTE  
PANAMERICANA DE ALIMENTOS  
PRICOL ALIMENTOS S.A.  
PROCOHARINAS LTDA.  
PRODUCTOS RAMO S.A.  
PRODUCTOS YUPI S.A.  
PROMASA S.A.  
PRONTAREPA  
PURAC SITESES  
RAFAEL DEL CASTILLO  
SAN MARCOS  
T-VAPAN 500 S.A.  
UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO.  
UNIVERSIDAD NACIONAL, LABORATORIO  
DE TOXICOLOGÍA  
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

## CONTENIDO

	Página
1. OBJETO .....	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS .....	1
3. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN.....	2
3.1 DEFINICIONES .....	2
3.2 CLASIFICACIÓN.....	3
4. REQUISITOS.....	3
4.1 REQUISITOS GENERALES .....	3
4.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS .....	4
5. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	5
5.1 TOMA DE MUESTRAS .....	5
5.2 CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO .....	5
6. ENSAYOS .....	5
6.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	5
6.2 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD .....	5
6.3 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS.....	5
6.4 DETERMINACIÓN DEL pH.....	6
6.5 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS.....	6
6.6 DETERMINACIÓN DE PLOMO .....	6

	Página
6.7 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AFLATOXINAS.....	6
7. EMPAQUE Y ROTULADO.....	6
7.1 ROTULADO.....	6
7.2 EMPAQUE.....	6
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO A (Normativo)	
DETERMINACIÓN DE MICOTOXINAS EN CEREALES.....	7
ANEXO B (Informativo)	
BIBLIOGRAFÍA.....	8
<b>TABLAS</b>	
Tabla 1. Requisitos fisicoquímicos para las galletas con o sin relleno.....	4
Tabla 2. Requisitos microbiológicos para las galletas sin relleno .....	4
Tabla 3. Requisitos microbiológicos para las galletas rellenas .....	4
Tabla 4. Contenido máximo de metales pesados .....	5

**PRODUCTOS DE MOLINERÍA.  
GALLETAS**

**1. OBJETO**

Esta norma establece los requisitos y ensayos que deben cumplir los diferentes tipos de galletas.

**2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de éste documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado. (incluida cualquier corrección).

GTC 99, Guía para la selección de un plan, un esquema o un sistema de muestreo para aceptación en la inspección de ítemes individuales en lotes.

GTC 125:2005, Guía de referencias de métodos horizontales de análisis microbiológicos para bebidas, alimentos y alimentos para animales.

NTC 267-2006, Harina de trigo.

NTC 512-1, Industrias alimentarias. Rotulado o etiquetado. Parte 1. Norma general.

NTC 512-2:2006, Industrias alimentarias. Rotulado o etiquetado. Parte 2. Rotulado nutricional de alimentos envasados.

NTC 1232, Método de análisis de aflatoxinas de ocurrencia natural - B1, B2, G1 y G2 -.

NTC 1556, Carne y productos cárnicos. Método para determinar el contenido de nitrógeno - Método de referencia -.

NTC 3581:2006, Industrias alimentarias. Nivel máximo permitido de aflatoxinas en alimentos.

NTC 4132, Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25 °C.

NTC 4458, Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Guía general para el recuento de coliformes. Técnica de recuento de colonias.

NTC 4519, Microbiología de alimentos. Guía General para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 35 °C.

NTC 4491-1:2005, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Preparación de muestras para ensayo, suspensión inicial y diluciones decimales para análisis microbiológico. Parte 1. Reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y de diluciones decimales.

NTC 4491-4:2005, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Preparación de muestras para ensayo, suspensión inicial y diluciones decimales para análisis microbiológico. Parte 4. reglas específicas para la preparación de productos diferentes de leche, productos lácteos.

NTC 4679:2005, Microbiología. Método horizontal para el recuento de *Bacillus Cereus* técnica de recuento de colonias.

NTC 4779:2000, Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa positivo -*Staphylococcus Aureus* y otras especies.

NTC-ISO 2859-1, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Planes de muestreo determinados por el Nivel Aceptable de Calidad -NAC- Para inspección lote a lote.

NTC-ISO 2859-2, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 2. Planes de muestreo determinados para la Calidad Limite (CL) para la inspección de un lote aislado.

NTC-ISO 2859-3, Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 3. Procedimientos de muestreo intermitentes.

NTC-ISO 3951-1, Procedimientos de muestreo para inspección por variables. Parte 1. Especificación para planes de muestreo simple clasificados por Nivel Aceptable de Calidad (NAC) para inspección lote a lote para una característica de calidad única y un solo NAC.

Official Method AOAC, 943.02, *pH of Flour (Potentiometric Method)*.

Official Method AOAC, 999.11, *Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing.*

Official Method AOAC, 977.16, *Sampling for Aflatoxins. Preparation for Sample Procedure.*

Official Method AOAC, 981.10, *Crude protein in meat.*

### **3. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN**

#### **3.1 DEFINICIONES**

Para efectos de esta norma se establecen las siguientes:

**3.1.1 Galletas.** Productos obtenidos mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, sólida o semi sólida), de las figuras formadas del amasado de derivados del trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para el consumo humano.

**3.1.2 Galletas de masa fermentada.** Producto definido en el numeral 3.1.1 que ha sido sometido a un proceso de fermentación.

**3.1.3 Galletas saladas.** Producto definido en el numeral 3.1.1 que tiene un sabor predominantemente salado.

**3.1.4 Galletas dulces.** Producto definido en el numeral 3.1.1 que tiene un sabor predominantemente dulce.

**3.1.5 Galletas rellenas.** Producto definido en el numeral 3.1.1 que contiene en su interior un relleno.

**3.1.6 Galletas wafer.** Producto obtenido a partir del horneado de una masa líquida (oblea) adicionada con un relleno para formar un sándwich o emparedado.

**3.1.7 Galletas cubiertas.** Producto definido en el numeral 3.1.1 el cual podrán estar recubiertos parcial o totalmente por coberturas, baños de repostería u otras sustancias y contener frutas secas, enteras, partidas y agregados.

**3.1.8 Obleas, conos y barquillos.** Producto definido en el numeral 3.1.1, obtenido por calentamiento rápido entre dos láminas metálicas o en moldes apropiados de una masa líquida, que puede ir con o sin relleno.

## 3.2 CLASIFICACIÓN

Las galletas se clasifican en:

- Galleta salada rellenas o no
- Galleta cubierta rellenas o no
- Galleta de masa fermentada rellenas o no
- Galleta dulce rellenas o no
- Obleas, conos y barquillos rellenos o no
- Galleta Wafer rellenas o no

...



## NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1241 (Sexta actualización)



4.1.4 La harina de trigo debe cumplir con la NTC 267.

### 4.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Las galletas deberán cumplir con los requisitos físico químicos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Requisitos físico químicos para las galletas con o sin relleno

Requisitos en 100 g de muestra	Galletas Rellenas		Galletas sin relleno	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH de solución acuosa al 10 %	4,0	9,5	5,6	9,5
Proteína, % en fracción en masa en base seca.	2,0	-	3,0	-
Humedad, en %	-	14,0	-	10,0

4.2.2 Las galletas en sus diferentes clases con excepción de las galletas rellenas deben cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para las galletas sin relleno

Requisitos	n	m	M	c
Recuento de bacterias aerobias mesófilas, UFC/g	3	1 000	5 000	1
Recuento de coliformes en placa, UFC /g	3	<10	10	1
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva, UFC/g	3	<100	-	0
Recuento de mohos y levaduras, UFC /g	3	50	500	1
Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	3	< 10	-	0
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> , UFC/g	3	10	100	1

4.2.3 Las galletas rellenas deberán cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3. Requisitos microbiológicos para las galletas rellenas**

Requisitos	n	m	M	c
Recuento de bacterias aerobias mesófilas, UFC/g	3	1 000	5 000	1
Recuento de coliformes en placa, UFC/g	3	<10	10	1
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva, UFC/g	3	< 100	-	0
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	3	100	1 000	1
Detección de <i>Salmonella</i> /25 g	3	0	-	0
Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	3	< 10	-	0
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> , UFC/g	3	10	100	1

en donde

- n* = número de muestras por examinar.  
*m* = índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad.  
*M* = índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.  
*c* = número de muestras permisibles con resultados entre *m* y *M*.

4

## NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1241 (Sexta actualización)



4.2.6 Las galletas en sus diferentes clases no deben exceder los niveles máximos de metales pesados indicados en la Tabla 4.

**Tabla 4. Contenido máximo de metales pesados**

Metal	Contenido
Plomo, como Pb mg/kg	0.2

4.2.7 El nivel máximo de aflatoxinas debe ser de 10µg/kg (10ppb) Véase el numeral 6.7.

## 5. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

### 5.1 TOMA DE MUESTRAS

La muestra puede ser tomada de acuerdo con los planes de muestreo, los cuales se podrán acordar entre las partes, según lo establecido en la normas NTC-ISO 2859-1, NTC-ISO 2859-2, NTC-ISO 2859-3, NTC-ISO 3951-1 y la GTC 99.

### 5.2 CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos indicados en esta norma, se considerará no clasificada. En caso de discrepancia se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

Para los ensayos microbiológicos se debe seguir lo indicado en las Tablas 2 y 3.

Para los ensayos físico químicos se debe seguir lo indicado en la Tabla 1 y para los ensayos de metales pesados se debe seguir lo indicado en la Tabla 4.

## 6. ENSAYOS

## 6. ENSAYOS

### 6.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Según el tipo de análisis se deben tomar las muestras representativas. Para la preparación de la muestra de microbiología se efectuará de acuerdo a lo indicado en la NTC 4491-1 o en la NTC 4491-4.

### 6.2 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 529.

### 6.3 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTC 1556 ó en la AOAC 981.10.

### 6.4 DETERMINACIÓN DEL pH

Se efectuará de acuerdo con lo indicado en la AOAC 943.02.

5

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1241 (Sexta actualización)**

---



### 6.5 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

Los siguientes ensayos se efectuarán de acuerdo con:

#### 6.5.1 Recuento de bacterias aerobias mesófilas

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4519.

#### 6.5.2 Recuento de Coliformes en placa, UFC/g

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4458.

#### 6.5.3 Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, UFC/g

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4779.

#### 6.5.4 Recuento de mohos y levaduras, UFC/g

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4132.

#### 6.5.5 Recuento de *Escherichia coli*, UFC/g

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4458.

#### 6.5.6 Recuento de *Bacillus cereus*, UFC/g

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4679.

## 6.6 DETERMINACIÓN DE PLOMO

Se efectúa por absorción atómica de acuerdo a lo indicado en el AOAC 999.11.

## 6.7 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AFLATOXINAS

Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 1232 o AOAC 977.16.

## 7. EMPAQUE Y ROTULADO

### 7.1 ROTULADO

El rotulado debe cumplir con lo indicado en las NTC 512-1 ó NTC 512-2 o lo indicado por la legislación nacional vigente.

### 7.2 EMPAQUE

Las galletas se deben envolver y empacar en material adecuado que no altere el producto y asegurar su higiene y buena conservación; que sean atóxicos y que estén permitidos por la autoridad competente.

---

## NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1241 (Sexta actualización)

---



### ANEXO B (Informativo)

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Código Alimentario Argentino, Capítulo IX, Alimentos Farináceos- Cereales, Harinas y Derivados (Ley 18.284 18/07/69 - Actualizado Junio de 2004).
- [2] República de Colombia, Ministerio de Salud y Protección Social. Decreto 3075 de 1997. Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones. Regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumidor de alimentos.
- [3] *Codex Alimentarius*. Métodos de análisis generales para los contaminantes. *Codex Stan 228-2004*.p.1.
- [4] *Codex Alimentarius*. Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos. *Codex Stan 193 - 1995 (Rev. 2-2006)*. p.35. 50.p.
- [5] *Codex Alimentarius*. Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de los cereales por micotoxinas, con anexos sobre ocratoxina A, la zearalenona, las fumonisinas y los tricotecenos. CAC/RCP 51.2003.

## Anexo 6. Norma mexicana NMX-F-006-1983

---

NMX-F-006-1983. ALIMENTOS. GALLETAS. FOOD. COOKIE. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

### 0. INTRODUCCIÓN

Las especificaciones que se establecen en esta Norma sólo podrán satisfacerse cuando en la elaboración del producto se utilicen materias primas e ingredientes de calidad sanitaria, se apliquen buenas técnicas de elaboración, se realicen en locales e instalaciones bajo condiciones higiénicas, que aseguren que el producto es apto para el consumo humano.

### 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones que debe cumplir el producto denominado "Galletas".

### 2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las vigentes de las siguientes Normas Mexicanas:

NMX-F-66-S. Determinación de cenizas en alimentos.  
NMX-F-68-S. Alimentos. Determinación de proteínas.  
NMX-F-83. Determinación de humedad en productos alimenticios.  
NMX-F-89-S. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet).  
NMX-F-90-S. Determinación de fibra cruda en alimentos.  
NMX-F-253. Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.  
NMX-F-254. Cuenta de organismos coliformes.  
NMX-F-255. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos.  
NMX-F-308. Cuenta de organismos coliformes fecales.  
NMX-F-312. Determinación de reductores directos y totales en alimentos.  
NMX-F-317. Determinación de pH en alimentos.  
NMX-Z-12. Muestreo para la inspección por atributos.

### 3. DEFINICIÓN

Para los efectos de esta Norma se establece la siguiente definición:

Galletas.- Es el producto elaborado con harinas de trigo, avena, centeno, harinas integrales, azúcares, grasa vegetal y/o aceites vegetales comestibles, agentes leudantes, sal yodada; adicionados o no de otros ingredientes (véase 5.6) y aditivos alimenticios permitidos (véase 5.7) los que se someten a un proceso de amasado, moldeado y horneado.

### 4. CLASIFICACIÓN

El producto objeto de esta Norma se clasifica en 3 tipos y un sólo grado de calidad cada uno.

- Tipo I Galletas finas
- Tipo II Galletas entrefinas
- Tipo III Galletas comerciales

## 5. ESPECIFICACIONES

Las galletas en sus 3 tipos y un sólo grado de calidad cada uno deben cumplir con las siguientes especificaciones:

### 5.1 Sensoriales

Color: Característico del tipo de galleta sin presentar áreas negras por quemaduras.

Olor: Característico, no debe presentar olores extraños ni a rancidez.

Sabor: Característico del producto, sin sabores extraños.

Aspecto: Tamaño uniforme, de acuerdo con el tipo de galleta.

Consistencia: La característica, de cada producto.

### 5.2 Físicas y químicas

Las galletas deben cumplir con las especificaciones físicas y químicas anotadas en las tablas siguientes:

Para el tipo I (Finas)

**Tabla 1**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		6.0
pH (Nota 1)	6.0	8.0
Cenizas %		1.5
Proteínas %	8.0	
Fibra cruda %		0.5
Extracto etéreo % (Nota 2)	15.0	
Carbohidratos diferencia a 100		

Nota 1. En el caso de galletas con relleno de frutas el pH se modificará de acuerdo al relleno.

Nota 2. En caso de galletas tipo gauffrette sin relleno, este porcentaje puede ser menor.

Para el tipo II (Entrefinas)

**Tabla 2**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8.0
pH	6.0	8.0
Cenizas %		2.0
Proteínas %	6.0	
Fibra cruda %		0.5
Extracto etéreo %	10.0	
Carbohidratos diferencia a 100		

Para el Tipo III (Comerciales)

**Tabla 3**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8.0
pH	6.0	8.0
Cenizas %		2.0
Proteínas %	6.0	
Fibra cruda %		0.5
Extracto etéreo %	5.0	
Carbohidratos diferencia a 100		

Nota 3. Las especificaciones correspondientes se refieren sobre base seca.

### 5.3 Microbiológicas

El producto objeto de esta Norma debe cumplir con las especificaciones microbiológicas anotadas a continuación.

**Tabla 4**

Especificaciones	Máximo
Mesofílicas aerobias	30,000 col/g
Hongos	10 col/g
Coliformes (Nota 4)	Negativo
Escherichia coli en 25 g	Negativo

Nota 4. En el caso de galletas con relleno o cobertura pudiera tener 50 col/g máximo.

Además no debe contener biotoxinas (aflatoxinas) en una cantidad no mayor de 20 µg/kg ó (0.02 mg/kg) ó (0.02 ppm).

### 5.4 Materia extraña objetable

**Tabla 2**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8.0
pH	6.0	8.0
Cenizas %		2.0
Proteínas %	6.0	
Fibra cruda %		0.5
Extracto etéreo %	10.0	
Carbohidratos diferencia a 100		

Para el Tipo III (Comerciales)

**Tabla 3**

Especificaciones	Mínimo	Máximo
Humedad %		8.0
pH	6.0	8.0
Cenizas %		2.0
Proteínas %	6.0	
Fibra cruda %		0.5
Extracto etéreo %	5.0	
Carbohidratos diferencia a 100		

Nota 3. Las especificaciones correspondientes se refieren sobre base seca.

### 5.3 Microbiológicas

El producto objeto de esta Norma debe cumplir con las especificaciones microbiológicas anotadas a continuación.

**Tabla 4**

Especificaciones	Máximo
Mesofílicas aerobias	30,000 col/g
Hongos	10 col/g
Coliformes (Nota 4)	Negativo
Escherichia coli en 25 g	Negativo

Nota 4. En el caso de galletas con relleno o cobertura pudiera tener 50 col/g máximo.

Además no debe contener biotoxinas (aflatoxinas) en una cantidad no mayor de 20 µg/kg ó (0.02 mg/kg) ó (0.02 ppm).

### 5.4 Materia extraña objetable

Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente, visible e indeleble con los siguientes datos:

- Denominación del producto, conforme a la clasificación de esta Norma.
- Nombre comercial o marca comercial registrada, pudiendo aparecer el símbolo del fabricante.
- El "Contenido Neto" de acuerdo con las disposiciones vigentes de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Nombre o razón social del fabricante o propietario del registro y domicilio en donde se elabora el producto.
- Número de lote y/o clave de la fecha de fabricación. Para envase unitarios de un kg en adelante.
- La leyenda "Hecho en México".
- Lista completa de ingredientes en orden de concentración decreciente incluyendo los aditivos, si los contiene.
- Texto de las siglas Reg. S.S.A. No. "A", debiendo figurar en el espacio en blanco el número de registro correspondiente.
- Otros datos que exija el reglamento respectivo o disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

#### 8.1.2 Marcado en el embalaje

Deben anotarse los datos necesarios de 8.1. 1 para identificar el producto y todos aquellos otros que se juzguen convenientes tales como las precauciones que deben tenerse en el manejo y uso de los embalajes.

#### 8.2 Envase

El producto objeto de esta Norma, se debe envasar en un material resistente inocuo, que garantice la estabilidad del mismo, que evite su contaminación no altere su calidad ni sus especificaciones sensoriales.

#### 8.3 Embalaje

Para el embalaje del producto objeto de esta Norma, se deben usar cajas de cartón o envolturas de algún otro material apropiado, que tengan la debida resistencia y que ofrezcan la protección adecuada a los envases para impedir su deterioro exterior, a la vez faciliten su manipulación en el almacenamiento y distribución de las mismas, sin exponer a las personas que los manipulen.

### 9. ALMACENAMIENTO

El producto terminado debe almacenarse en locales que reúnan los requisitos sanitarios que señale la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## APÉNDICE A



A.1 Los ingredientes básicos deben cumplir con su Norma vigente correspondiente.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

NMX-Z-013-1977. Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas.

NMX-F-006-1961. Galletas (sin incluir las tipo soda).

## Anexo 7. Ficha de evaluación sensorial

	<b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI</b> <b>FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y</b> <b>CIENCIAS AMBIENTALES</b> <b>CARRERA DE ALIMENTOS</b> <b>FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL</b>						
<b>Producto:</b> Galletas tipo cookies a base de harina de amaranto y harina de chocho con nanopartículas de carbonato de calcio <b>Edad:</b> _____ <b>Sexo:</b> _____ <b>Fecha:</b> 24/03/2025							
<b>Objetivo:</b> Determinar el grado de aceptación en los atributos, color, olor, sabor, Crocancia, friabilidad, dureza y aceptación de 5 muestras de galletas con diferentes porcentajes de harinas.							
<b>Definición:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Color:</b> Evaluar la intensidad de color, homogeneidad y atractivo visual.</li> <li>• <b>Olor:</b> Evaluar si el aroma es agradable, típico de galletas.</li> <li>• <b>Sabor:</b> Evaluar la dulzura, salinidad y presencia de sabores no deseados.</li> <li>• <b>Crocancia:</b> Evaluar la sensación quebradiza que percibe al masticar las galletas.</li> <li>• <b>Friabilidad:</b> Evaluar con que facilidad se desmorona la galleta en el paladar.</li> <li>• <b>Dureza:</b> Evaluar la fuerza que se necesita para romper la galleta.</li> <li>• <b>Aceptabilidad:</b> Evaluar todos los aspectos de manera general.</li> </ul>							
<b>Instrucciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frente a usted se presenta (5) cinco muestras de galletas. Deguste cada una de ellas de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado de acuerdo con el puntaje de la escala indicada abajo, en el código correspondiente a cada una de las muestras.</li> <li>• El rango para calificar es:</li> </ul>							
Puntaje	Categoría						
1	Me disgusta mucho						
2	Me disgusta						
3	Me disgusta ligeramente						
4	Ni me gusta ni me disgusta						
5	Me gusta ligeramente						
6	Me gusta						
7	Me gusta mucho						
A continuación, se presenta la tabla de calificación para cada tratamiento:							
<b>Calificación para cada atributo</b>							
Código	Color	Olor	Sabor	Crocancia	Friabilidad	Dureza	Aceptabilidad
742							
115							
453							
538							
501							
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Observaciones:</b></li> </ul> ..... .....							

Anexo 8. Reporte Mixolab

# Mixolab

Universidad Politécnica Estatal Carchi



Tulcan  
Ecuador  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

## UPEC - T5 R3'1 H 4 88

Fecha : 08/05/2025 Hora : 13:18 Protocolo : Chopin+  
 Hydration : 75.0 % base 14% (b14) Peso de la masa : 75.0 g  
 Contenido de 4.9 % Temperatura del depósito : 30.0 °C  
 Índice: 9-26-042 Velocidad de amasado : 80 rpm

$\alpha$ :	0.126	Nm/min
$\beta$ :	0.334	Nm/min
$\gamma$ :	-0.132	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	4.78	0.829	30.9	0.048	1.30
C5	8.00	0.771	31.2		N.D.
C2	14.30	0.389	48.3		
C3	14.65	0.600	49.4		
C4	15.07	0.508	50.9		
C5	45.02	0.563	54.9		

