

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE ALIMENTOS

**Tema: “Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) en la calidad de una galleta baja en gluten”.**

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

**AUTORA:** Pozo Alvear Leslie Josseline

**TUTOR:** Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc.

Tulcán, 2026.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Pozo Alvear Leslie Josseline con el número de cédula 0402118939 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) en la calidad de una galleta baja en gluten".

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.

\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_

Ing. Rivas Rosero Carlos Alberto MSc.


**TUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## AUTORÍA DE TRABAJO

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

Yo, Pozo Alvear Leslie Josseline con cédula de identidad número 0402118939 respectivamente declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

Pozo Alvear Leslie Josseline

**AUTORA**

Tulcán, enero de 2026

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

Yo Pozo Alvear Leslie Josseline declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) en la calidad de una galleta baja en gluten" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

Pozo Alvear Leslie Josseline

**AUTORA**

Tulcán, enero de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero empezar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y la constancia para alcanzar este logro tan importante en mi vida. Su guía, su amor han sido mi roca y mi refugio en los momentos difíciles.

A mi madre, mi Fede, mi todo, le agradezco su esfuerzo incansable, su amor incondicional y su sabiduría. Me has enseñado que la paciencia y perseverancia son la clave para alcanzar cualquier meta, y hoy puedo decir que lo he logrado gracias a ti.

A mi hermano Joel, gracias por estar siempre allí, por tus bromas y tus sonrisas que me han hecho reír en los momentos más difíciles. A mi hermano William, mi corazón, mi mejor amigo y confidente, gracias por ser mi apoyo constante, por tus palabras de amor y tus abrazos que me han dado la fuerza para seguir adelante.

A mi tutor, gracias por compartir conmigo su conocimiento, su guía y su amistad. Ha sido un honor tenerlo a mi lado en este camino.

A mi Palu, mi novio, mi compañero de vida, gracias por estar conmigo en cada paso, por apoyarme, por animarme y por hacerme sentir que soy capaz de todo. Tus besos, tus abrazos y tus palabras de orgullo han sido mi mayor motivación. Esta victoria es nuestra, mi amor, y es solo el comienzo de nuestra aventura juntos. Esta es una de las patoaventuras que nos falta por vivir, y estoy emocionada de ver qué nos depara el futuro. Te amo más que palabras.

A mi padre, William, gracias por hacer de mí tu adoración, por haberme colmado de tanto amor e influir en mi busca de más conocimientos y la creatividad. Tu legado vive en mí y siempre te llevaré en mi corazón.

A mis abuelos, que con su amor y su sabiduría han influido en mi vida, gracias por ser mi ejemplo a seguir. A mis amigos, primos, tíos y tías, gracias por su apoyo, su amor y su confianza en mí.

Este logro es de todos ustedes, y quiero compartirlo con ustedes. ¡Gracias por ser parte de mi vida!

***Leslie Josseline Pozo Alvear***

## DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a quienes habitan mi vida como raíz, abrigo y horizonte.

A Dios, presencia silenciosa que sostuvo mis pasos cuando el camino se volvió incierto, luz que nunca se apagó y fe que me enseñó a seguir incluso en la espera.

A mí, por cada batalla librada en silencio, por las madrugadas largas, los días de ansiedad y las noches en que el cansancio se volvió lágrimas; por elegir continuar cuando quise rendirme y avanzar aun con el corazón cansado. Por aprender a confiar en mí, sanar mientras caminaba y no soltar mis sueños. Este logro es testimonio de mi resistencia, de mi crecimiento y de la mujer en la que me estoy convirtiendo.

A mi madre, que fuiste casa, impulso y ejemplo. En cada página de este trabajo vive tu amor infinito, tu entrega constante y la fuerza que sembraste en mí desde siempre.

A mis hermanos, Joel y William, fragmentos esenciales de mi historia. Joel, por regalarme risas que hicieron más livianos los días difíciles. William, por ser refugio, complicidad y abrazo firme cuando más lo necesité.

A mi tutor, por dejar huella en este proceso y formar parte del crecimiento que hoy se materializa en este logro.

A mi Palu, mi amor, compañero de vida y de sueños. Este logro también lleva tu nombre, porque nació del caminar juntos y de cada abrazo que me recordó que nunca estuve sola. Una patoaventura más hecha realidad y el inicio de todo lo que aún nos espera.

A mi padre, William, presencia eterna en mi memoria. Tu amor, tu ejemplo y tu pasión por el conocimiento viven en mí y guían cada uno de mis pasos.

A mis abuelos, raíz y legado; y a mis amigos, primos, tíos y tías, constelación de afectos que acompañaron este camino.

Este trabajo no es solo un logro académico, es el reflejo de los vínculos que me sostienen, del amor que me formó y de las personas que hicieron posible este sueño. A todos ustedes, que son mi historia y mi impulso, dedico estas páginas.

**Leslie Josseline Pozo Alvear**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	20
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	20
<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> .....	27
2.2.1. Trigo .....	27
2.2.1.1. Características taxonómicas.....	27
2.2.1.2. Características edafoclimáticas.....	28
2.2.1.3. Producción en Ecuador y valor nutricional .....	28
2.2.2. Amaranto .....	29
2.2.2.1. Características taxonómicas.....	29
2.2.2.2. Características edafoclimáticas.....	30
2.2.2.3. Producción en Ecuador y valor nutricional .....	30
2.2.3. Garbanzo .....	31

2.2.3.1. Características taxonómicas.....	32
2.2.3.2. Características edafoclimáticas.....	32
2.2.3.3. Producción en Ecuador y valor nutricional .....	32
2.2.4. Harinas .....	33
2.2.4.1. Clasificación de las harinas .....	33
2.2.4.2. Tipos de harina y valor nutricional .....	34
2.2.5. Galletas.....	36
2.2.5.1. Clasificación de las galletas.....	36
2.2.5.2. Composición nutricional de las galletas .....	37
2.2.6. Gluten .....	37
2.2.6.1. Intolerancia al gluten .....	38
2.2.6.2. Alergia al gluten.....	38
2.2.6.3. Enfermedad celíaca .....	38
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>40</b>
3.1.1. Enfoque.....	40
3.1.2. Tipo de Investigación .....	40
<b>3.2. IDEA A DEFENDER .....</b>	<b>40</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS.....</b>	<b>43</b>
3.4.1. Diagrama de flujo de la obtención de las harinas.....	43
3.4.1.1. Harina de garbanzo .....	43
3.4.1.2. Harina de amaranto .....	44
3.4.2. Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas .....	46

3.4.3. Determinación de proteína AOAC 981.10 .....	48
3.4.2. Determinación de humedad AOAC 925.10.....	50
3.4.3. Determinación de cenizas AOAC 923.03 .....	50
3.4.4. Determinación de grasas AOAC 945.16 .....	51
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>52</b>
3.5.1. Formulación para la elaboración de la galleta .....	52
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
4.1.1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y harina de amaranto) .....	53
4.1.2. Análisis de las mezclas de harina.....	54
4.1.2.1. Pruebas reológicas (Mixolab).....	54
4.1.2.2. Análisis de gluten húmedo .....	58
4.1.3. Análisis de las galletas.....	59
4.1.3.1 Análisis fisicoquímicos de las galletas.....	59
4.1.3.2. Análisis texturales de las galletas .....	60
4.1.3.3. Análisis microbiológicos de las galletas .....	61
4.1.3.4. Análisis sensorial de las galletas .....	62
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
4.2.1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y harina de amaranto) .....	63
4.2.2. Análisis de las mezclas de harina.....	64
4.2.2.1. Pruebas reológicas .....	64
4.2.2.2. Análisis de gluten húmedo .....	65
4.2.3. Análisis de las galletas.....	66

4.2.3.1 Análisis fisicoquímicos.....	66
4.2.3.2. Análisis texturales .....	67
4.2.3.4. Análisis microbiológico.....	68
4.2.3.4. Análisis sensorial .....	69
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del trigo.....	28
Tabla 2. Valor nutricional del trigo.....	29
Tabla 3. Clasificación taxonómica del amaranto .....	30
Tabla 4. Valor nutricional del amaranto .....	31
Tabla 5. Clasificación taxonómica del garbanzo .....	32
Tabla 6. Valor nutricional del garbanzo.....	33
Tabla 7. Valor nutricional de una galleta simple .....	37
Tabla 8. Operacionalización de las variables .....	42
Tabla 9. Formulación para la elaboración de galletas .....	52
Tabla 10. Esquema del experimento.....	52
Tabla 11. Análisis de supuestos de la materia prima (harina de garbanzo y amaranto) .....	53
Tabla 12. Resultados fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y amaranto) .....	54
Tabla 13. Resumen de los resultados Mixolab en las mezclas de harinas .....	56
Tabla 14. Resultados gráficos Mixolab en tela de araña.....	56
Tabla 15. Análisis de supuestos gluten húmedo .....	58
Tabla 16. Resultados de gluten húmedo para las mezclas.....	58
Tabla 17. Análisis de supuestos en parámetros fisicoquímicos de las galletas.....	59
Tabla 18. Resultados fisicoquímicos de las galletas .....	59
Tabla 19. Análisis de supuestos en parámetros fisicoquímicos de las galletas.....	60
Tabla 20. Resultados de textura de las galletas.....	60
Tabla 21. Resultados microbiológicos de las galletas .....	61
Tabla 22. Análisis de supuestos de la evaluación sensorial .....	62
Tabla 23. Resultados de la evaluación sensorial de las galletas .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de la harina de garbanzo .....	43
Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de la harina de amaranto .....	44
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas .....	46
Figura 4. Recepción de los granos de garbanzo y amaranto .....	79
Figura 5. Deshidratado de los granos 80-85 °C por 20 min .....	79
Figura 6. Molienda de los granos en molino de martillos .....	79
Figura 7. Tamizado de las harinas obtenidas .....	79
Figura 8. Almacenamiento de la harina de amaranto .....	79
Figura 9. Almacenamiento de la harina de garbanzo .....	79
Figura 10. Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h, análisis de ceniza .....	79
Figura 11. Peso del crisol vacío .....	79
Figura 12. Peso de las harinas de garbanzo y amaranto (3 a 5 g) .....	79
Figura 13. Peso con la muestra .....	80
Figura 14. Calcinación de la muestra .....	80
Figura 15. Obtención de cenizas en mufla a 550 ° C por 2 h .....	80
Figura 16. Resultado de las cenizas .....	80
Figura 17. Enfriar la muestra con cenizas .....	80
Figura 18. Pesar las cenizas de la muestra .....	80
Figura 19. Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h .....	80
Figura 20. Peso del crisol vacío .....	80
Figura 21. Peso de las harinas de garbanzo y amaranto (3 a 5 g) .....	80
Figura 22. Peso con la muestra .....	81
Figura 23. Determinación de humedad en estufa a 130 °C por 4 h .....	81
Figura 24. Enfriar la muestra después de sacar de la estufa .....	81
Figura 25. Después de enfriar se pesa la muestra por segunda vez .....	81
Figura 26. Pesar 3 g de harina en papel filtro Whatman No-1 .....	81
Figura 27. Introducir la muestra al dedal de celulosa y colocar el dedal en el equipo Soxhlet .....	81
Figura 28. Llevar a peso constante los vasos de extracción 130 °C por 10 min .....	81
Figura 29. Enfriar el vaso de extracción en el desecador .....	82
Figura 30. Pesar los vasos de extracción .....	82
Figura 31. Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción .....	82

Figura 32. Precalentar el equipo a 140 °C y colocar los dedales en inmersión por 3 h. Pasar a la posición de lavado por 1 h, y recuperación 37 min. ....	82
Figura 33. Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h.....	82
Figura 34. Retirar los vasos y dejar enfriar .....	82
Figura 35. Pesar los vasos con el extracto .....	82
Figura 36. Preparación de la muestra para análisis de acidez titulable .....	82
Figura 37. Acidez titulable en las muestras de harina .....	82
Figura 38. Mezcla de harina T1 (HT: 70 %, HA: 15 %, HG:15 %) .....	83
Figura 39. Mezcla de harina T2 (HT: 50 %, HA: 25 %, HG:25 %) .....	83
Figura 40. Mezcla de harina T3 (HT: 30 %, HA: 35 %, HG:35 %) .....	83
Figura 41. Cremado de la mantequilla con el azúcar T1 .....	83
Figura 42. Cremado de la mantequilla con el azúcar T2 .....	83
Figura 43. Cremado de la mantequilla con el azúcar T3 .....	83
Figura 44. Masa para galletas T1 .....	83
Figura 45. Masa par galletas T2.....	83
Figura 46. Masa para galletas T3 .....	83
Figura 47. Galletas T1 .....	84
Figura 48. Galletas T2 .....	84
Figura 49. Galletas T3 .....	84
Figura 50. Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h .....	84
Figura 51. Peso del crisol vacío .....	84
Figura 52. Peso de la muestra molida de galleta .....	84
Figura 53. Peso con la muestra .....	84
Figura 54. Calcinación de la muestra .....	84
Figura 55. Obtención de cenizas en mufla a 550 ° C por 2 h.....	84
Figura 56. Resultado de las cenizas.....	85
Figura 57. Enfriar la muestra con cenizas.....	85
Figura 58. Pesar las cenizas de la muestra.....	85
Figura 59. Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h .....	85
Figura 60. Peso del crisol vacío .....	85
Figura 61. Peso de la muestra molida de la galleta .....	85
Figura 62. Peso con la muestra .....	85
Figura 63. Determinación de humedad en estufa a 130 °C por 4 h .....	85

Figura 64. Después de enfriar se pesa la muestra por segunda vez.....	85
Figura 65. Moler la muestra hasta que quede fina .....	86
Figura 66. Pesar 3 g de la muestra molida en papel filtro Whatman No-1 .....	86
Figura 67. Llevar a peso constante los vasos de extracción 130 °C por 10 min.....	86
Figura 68. Enfriar el vaso de extracción en el desecador .....	86
Figura 69. Pesar los vasos de extracción .....	86
Figura 70. Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción.....	86
Figura 71. Precalentar el equipo a 140 °C y colocar los dedales en inmersión por 3 h..	86
Figura 72. Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h.....	86
Figura 73. Retirar los vasos y dejar enfriar, luego pesar los vasos con el extracto.....	86
Figura 74. Lectura de pH T1 .....	87
Figura 75. Lectura de pH T2.....	87
Figura 76. Lectura de pH T1 .....	87
Figura 77. Inoculación de las muestras .....	87
Figura 78. Presencia de mohos y levaduras en las muestras.....	87
Figura 79. Presencia de aerobios mesófilos en las muestras .....	87
Figura 80. Colocación de las muestras y hojas de cata.....	88
Figura 81. Indumentaria y hoja de cata .....	88
Figura 82. Instrucciones para la catación .....	88
Figura 83. Catación.....	88

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	77
Anexo 2. Obtención de las harinas, análisis fisicoquímicos y análisis reológicos .....	79
Anexo 3. Elaboración de las galletas, análisis fisicoquímicos, microbiológicos y reológicos .....	83
Anexo 4. Evaluación sensorial de las galletas.....	88
Anexo 5. Informes de resultados fisicoquímicos harina .....	89
Anexo 6. Informes de resultados fisicoquímicos mezclas .....	91
Anexo 7. Informes de resultados fisicoquímicos de las galletas.....	94
Anexo 8. Análisis reológicos Mixolab.....	97
Anexo 9. Resultados texturales de las galletas .....	100
Anexo 10. Resultados estadísticos .....	101

## RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales de una galleta baja en gluten, respondiendo a la necesidad de alternativas nutricionalmente enriquecidas. La metodología experimental, de enfoque mixto, se basó en el estudio de tres formulaciones T1 (70 % HT, 15 % HA, 15 % HG), T2 (50 % HT, 25 % HA, 25 % HG) y T3 (30 % HT, 35 % HA, 35 % HG). Se realizaron análisis proximales de las harinas, pruebas reológicas en las mezclas (Mixolab) que confirmaron el colapso funcional de la masa por dilución de gluten, y evaluaciones texturales y sensoriales en las galletas. Los resultados reológicos y de gluten húmedo mostraron que el Tratamiento T3 logró reducir el gluten húmedo a 19.85 %, cumpliendo con el requisito de baja en gluten. Fisicoquímicamente, el T3 destacó con un contenido de proteína del 14.61 %, y un alto contenido de ceniza (2.18 %). A nivel textural, el T3 fue instrumentalmente el más duro (68.09 N), no obstante, el análisis sensorial demostró que la formulación T3 fue la más aceptada globalmente (mediana de 4/5, "Me gusta"), ya que su firmeza extrema fue percibida por los jueces como una crocancia o firmeza deseable. Se concluye que la sustitución parcial al 70 % es la opción más viable, proporcionando un producto de alto valor nutricional y sensorial, validando así el potencial del amaranto y el garbanzo para el desarrollo de alimentos funcionales y la diversificación agroindustrial local.

**Palabras Claves:** amaranto, garbanzo, harina, gluten, galleta, textura.

## ABSTRACT

This study evaluated the effect of partially replacing wheat flour with amaranth (*Amaranthus caudatus*) and chickpea (*Cicer arietinum*) flours on the physicochemical, rheological, microbiological, and sensory properties of a low-gluten cookie, responding to the need for nutritionally enriched alternatives. The experimental methodology, which took a mixed approach, was based on the study of three formulations: T1 (70 % wheat flour, 15 % amaranth flour, 15 % chickpea flour), T2 (50 % wheat flour, 25 % amaranth flour, 25 % chickpea flour), and T3 (30 % wheat flour, 35 % amaranth flour, 35 % chickpea flour). Proximate analyses of the flours, rheological tests on the mixtures (Mixolab), that confirmed the functional collapse of the dough due to gluten dilution, and textural and sensory evaluations of the cookies were performed. The rheological and wet gluten results showed that Treatment T3 managed to reduce wet gluten to 19.85 %, meeting the low gluten requirement. Physicochemically, T3 stood out with a protein content of 14.61% and a high ash content (2.18 %). In terms of texture, T3 was instrumentally the hardest (68.09 N); however, sensory analysis showed that formulation T3 was the most accepted overall (median of 4/5, "I like it"), as its extreme firmness was perceived by the judges as a desirable crunchiness or firmness. It is concluded that a 70 % is the most viable option, providing a product with high nutritional and sensory value, thus validating the potential of amaranth and chickpeas for the development of functional foods and local agro-industrial diversification.

**Keywords:** amaranth, chickpea, flour, gluten, cookie, texture.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de productos de panadería y repostería es una práctica extendida a nivel global, siendo las galletas uno de los alimentos más populares debido a su amplia aceptación entre diversos grupos etarios (Hoyos et al., 2020). Sin embargo, la formulación tradicional de estos productos se basa fundamentalmente en la harina de trigo, fuente principal de gluten, un conjunto proteico que puede desencadenar trastornos de salud en un segmento significativo de la población. Se estima que aproximadamente el 1 % de la población mundial padece enfermedad celíaca, una condición autoinmune desencadenada por la ingesta de gluten, mientras que un porcentaje aún mayor presenta sensibilidad al gluten no celíaca, lo que los obliga a buscar alternativas dietéticas libres o reducidas en esta proteína (Moscoso y Quera, 2015). Esta demanda de productos seguros y accesibles para este grupo de consumidores representa un desafío tecnológico y una oportunidad de innovación para la industria alimentaria.

En Ecuador, la dependencia de la importación de trigo es notable, ya que solo se produce el 2 % del consumo nacional, importándose el 98 % restante según Montenegro (2012). Esta realidad subraya la urgencia de diversificar la base de materias primas y valorizar cultivos locales con alto potencial nutricional. En este sentido, el amaranto (*Amaranthus caudatus*) y el garbanzo (*Cicer arietinum*), se presentan como una estrategia viable para diversificar la base agrícola y desarrollar productos alimenticios innovadores y nutritivos. Estas harinas, además de ser naturalmente libres de gluten, poseen perfiles nutricionales superiores a la harina de trigo refinada, destacando por su alto contenido de proteínas de buena calidad, fibra dietética, minerales y vitaminas (Echeverría et al., 2019). Su incorporación en matrices alimenticias como las galletas podría no solo atender a nichos de mercado específicos, como el de los consumidores que requieren opciones bajas en gluten, sino también mejorar el perfil nutricional de un producto de consumo masivo, contribuyendo a combatir problemas de malnutrición y ofreciendo alternativas más saludables.

Sin embargo, la sustitución parcial o total de la harina de trigo en productos de panificación conlleva importantes retos tecnológicos. El gluten es responsable de las propiedades viscoelásticas de la masa, confiriendo estructura, volumen y textura características a los productos horneados. Su reducción o eliminación afecta significativamente las propiedades reológicas de las mezclas, así como la calidad final del producto en términos de textura, color, sabor y aceptación sensorial (Dogruer et al., 2023). Por lo tanto, es importante realizar investigaciones que evalúen el efecto de la incorporación de harinas alternativas, determinando las proporciones óptimas y los posibles ajustes en el proceso para obtener un producto final con características organolépticas deseables y que cumpla con los estándares de calidad e inocuidad.

En este contexto, la presente investigación se plantea evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y harina de garbanzo en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales de una galleta baja en gluten. Los hallazgos de este estudio pretenden aportar evidencia científica para el desarrollo de un producto innovador que, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, contribuya a la salud y bienestar (ODS 3), fomente la innovación en la agroindustria local (ODS 9) y promueva el consumo responsable a través de la valorización de recursos autóctonos (ODS 12).

## **I. EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las galletas son un producto de consumo popular a nivel mundial, tanto para niños como para adultos. Sin embargo, las galletas tradicionales suelen contener harina de trigo, la cual es un ingrediente que presenta gluten, una proteína que puede generar intolerancia o enfermedad celíaca en personas con predisposición genética (Pérez, 2022).

Se estima que alrededor del 1 % de la población mundial padece enfermedad celíaca, lo que representa un número significativo de personas que requieren alternativas alimentarias libres de gluten. Además, un porcentaje mayor de la población presenta sensibilidad al gluten, aunque no desarrolle la enfermedad celíaca, lo que los lleva a buscar opciones con menor contenido de esta proteína (Moscoso y Quera, 2015).

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar productos alimenticios aptos para el consumo de personas con intolerancia al gluten o que simplemente buscan reducir su consumo. Las galletas bajas en gluten o libres de gluten son una alternativa prometedora, pero muchas de las opciones disponibles en el mercado no presentan características organolépticas o nutricionales satisfactorias para los consumidores.

La harina de amaranto y la harina de garbanzo se presentan como alternativas viables para la sustitución de la harina de trigo en la elaboración de galletas. Ambas harinas son naturalmente libres de gluten y aportan un alto valor nutricional, incluyendo proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Sin embargo, la incorporación de estas harinas a la formulación de galletas puede generar desafíos en cuanto a las propiedades físicas y sensoriales del producto final. Es necesario realizar investigaciones para determinar las proporciones adecuadas de harina de amaranto y harina de garbanzo, así como las técnicas de procesamiento necesarias para obtener galletas con características deseables de textura, sabor y aroma.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo influye la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y harina de garbanzo en la calidad de una galleta baja en gluten?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La demanda de productos de panificación no solo deliciosos, sino también nutricionalmente ricos, ha llevado a la inclusión de harinas derivadas de diversos granos con mayor aporte nutricional. Las agroindustrias, aplicando nuevas técnicas, están incorporando estas harinas de semillas en productos de panificación para evaluar su aceptación en el público (Guardianelli, 2022).

Esta investigación se enfoca en enriquecer la oferta de productos de panificación mediante la elaboración de una galleta. La razón detrás de este enfoque radica en la falta de nutrición en la galleta y en la oportunidad de mejorar la ingesta alimenticia. Para ello, se emplea harina de amaranto, reconocida por su alto contenido en aminoácidos, especialmente lisina, esencial para la salud. Además, se utiliza harina de garbanzo, rica en fibra, para crear un producto innovador y altamente nutritivo, promoviendo así una opción saludable y beneficiosa para el consumo humano.

La inclusión estratégica de ingredientes locales como la harina de garbanzo, que es comúnmente cultivado en la región, y la exploración del potencial del amaranto, que es una fuente valiosa de nutrientes, pueden ofrecer una oportunidad para enriquecer las galletas con nutrientes esenciales (Nazate, 2019).

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

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y harina de garbanzo en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, reológicas y sensoriales de una galleta baja en gluten.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar los parámetros fisicoquímicos y reológicos de la harinas y sus mezclas
- Analizar los parámetros fisicoquímicos, texturales y microbiológicos de las galletas con la sustitución parcial de harinas.

- Determinar el grado de aceptabilidad sensorial de las galletas con la sustitución parcial de harina.

#### **1.4.3. Preguntas de Investigación**

- ¿Cómo influye la sustitución de la harina de trigo por harina de amaranto y harina de garbanzo en los parámetros fisicoquímicos y reológicos de las harinas y sus mezclas?
- ¿Cómo influye la sustitución de la harina de trigo por harina de amaranto y harina de garbanzo en los parámetros fisicoquímico, texturales y microbiológicos de las galletas?
- ¿Cuáles son los cambios notables en el color, sabor y aroma de las galletas al utilizar harina de amaranto y garbanzo en lugar de harina de trigo?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Felisiak et al. (2024) desarrollaron una investigación destinada a evaluar el efecto de sustituir harina de trigo por harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en galletas tipo shortbread, con el propósito de mejorar su composición nutricional y su contenido de compuestos bioactivos sin afectar su calidad sensorial. Para ello elaboraron cinco formulaciones con diferentes porcentajes de sustitución (0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %) y analizaron parámetros fisicoquímicos, texturales y sensoriales. En los análisis fisicoquímicos, el tratamiento con 25 % de sustitución (S25) presentó valores de proteína (7.30 %), fibra total (7.56 %), grasa (29.02 %), cenizas (0.56 %) y humedad (12.63 %). En cuanto a la textura, S25 mostró una dureza de 6.92 N y una crocancia de 0.18 N, valores muy cercanos al control, indicando que este nivel de sustitución no afecta negativamente la estructura del producto. Sensorialmente, S25 fue uno de los tratamientos mejor evaluados, destacando en olor (4.4/5), sabor (5.0/5) y textura (4.4/5), además de alcanzar una alta aceptabilidad global de 7.8/9, lo que confirma que este nivel de sustitución mantiene un perfil organoléptico agradable para el consumidor. Los autores concluyeron que incorporar un 25 % de harina de garbanzo constituye una alternativa óptima para mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de las galletas shortbread sin comprometer su calidad sensorial.

Cruz et al. (2024), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue desarrollar y evaluar nutricional y sensorialmente una galleta tipo soda sustituyendo parcialmente la harina de trigo (HT) por harina de maíz amarillo nixtamalizado (HMN) y garbanzo (HG). La metodología empleada incluyó la elaboración de tres formulaciones: F1 (70 % HT, 20 % HMN, 10 % HG), F2 (70 % HT, 10 % HMN, 20% HG) y F3 (50 % HT, 20 % HMN, 30 % HG), junto con una muestra control (100 % HT); se determinaron el contenido de proteínas, grasa y carbohidratos mediante análisis proximal, y se evaluaron el sabor y la textura con 50 panelistas no entrenados. Los resultados del análisis nutricional indicaron

que la formulación F3 (con la mayor sustitución: 50 % HT, 20 % HMN, 30 % HG) presentó el mayor contenido de proteínas (11.88 %), grasa (3.70 %) y carbohidratos (71.08 %) , mientras que todas las formulaciones sustituidas mostraron un contenido de grasa 60 %-70 % menor que el control y un mayor contenido de proteínas. En el análisis sensorial, la formulación F2 (70 % HT, 10 % HMN, 20 % HG) fue la mejor percibida, caracterizándose por ser la más salada (90 % de panelistas) y con una textura más crujiente (76 %). Los autores concluyeron que una sustitución mayor al 50 % de harina de trigo por harina de leguminosa y de maíz nixtamalizado permite obtener galletas con alto contenido proteico y una textura similar a una galleta tipo soda comercial.

Fernández (2024) en su trabajo de investigación analizó el perfil nutricional, aceptación sensorial y viabilidad económica. De la harina de arroz (*Oryza sativa*), garbanzo (*Cicer arietinum*) y sorgo (*Sorghum vulgare*). Los resultados fisicoquímicos mostraron que la harina de arroz presentó una humedad de 8.44 %, un contenido de proteína de 9.72 % y acidez del 0.02 %; por su parte, la harina de garbanzo destacó por su alto contenido de proteína de 19.1 % y grasa de 6.45 %, mientras que la harina de sorgo reportó un contenido de proteína de 8.7 % y grasa de 1.4 %. En el ámbito sensorial y económico, las tres harinas obtuvieron una respuesta favorable en atributos como olor, sabor y textura, y se demostró que su producción y comercialización es una opción viable con un TIR del 35 % y un VAN de \$15 171.18. Los autores concluyeron que las tres harinas son libres de gluten y poseen propiedades fisicoquímicas y sensoriales óptimas para ser utilizadas como alternativas viables a la harina de trigo en la industria panificadora.

Por parte de Liu y Chen (2023), en su investigación evaluaron el uso de cascarilla de soja como sustituto del 25 % en harinas de amaranto y avena integral (HAI) para elaborar galletas libres de gluten. La metodología se centró en la evaluación de las propiedades reológicas y fisicoquímicas de las harinas compuestas y de las galletas terminadas, utilizando las cáscaras de soya (un subproducto rico en fibra y minerales) como aditivo funcional. El análisis de la composición proximal de las harinas mostró que la harina de amaranto presentó una humedad del 7.51 %, un contenido de proteína de 13.56 % y una grasa de 5.93 % , lo que la posiciona como una base superior a la harina de trigo (9.61 % de proteína y 1.88 % de grasa). Por su parte, la avena entera y las cáscaras de soya también superaron al trigo en proteína (13.70 % y 10.41 %, respectivamente) y las

cáscaras sobresalieron drásticamente con un contenido de fibra dietética total del 67.46 %. Los resultados fisicoquímicos posteriores demostraron que la fortificación con cáscaras de soja fue exitosa, presentando una actividad antioxidante sustancialmente mayor (3.06  $\mu\text{mol/g}$ ) y un contenido total de aminoácidos considerablemente mayor (18.33 %) que el trigo. En el análisis textural, la incorporación de los ingredientes resultó en una mejora de la capacidad de retención de agua (WHC) y se logró una textura con propiedades físicas aceptables. Finalmente, las galletas fueron calificadas como "aceptables" en los atributos sensoriales de color, sabor y textura, sin diferencias significativas en las cualidades sensoriales respecto a las galletas de trigo. Los autores concluyeron que las galletas sin gluten a base de amaranto y avena, fortificadas con cáscaras de soja, representan una alternativa viable para crear sustitutos de comidas más saludables, aprovechando la calidad proteica y el perfil nutricional superior del amaranto.

Dogruer et al. (2023), en el desarrollo de su artículo cuyo objetivo fue mejorar la formulación de galletas sin gluten incorporando harinas de algarroba y avellana a la harina de garbanzo precocida, y estudiar sus propiedades tecno-funcionales y características de digestibilidad. La metodología empleó un diseño de mezcla (simplex-centroide) para obtener las proporciones óptimas de las tres harinas. El análisis de las características químicas de las harinas mostró que la harina de garbanzo precocida es la fuente principal de proteínas, con un contenido de 20.71 %, seguida de un 1.27 % de grasa. Además, presentó una humedad de 3.30 % y un contenido de ceniza de 1.95 %. La Formulación 1 consistió en una mezcla de 60 % de harina de garbanzo precocida, 15 % de harina de algarroba y 15 % de harina de avellana (basado en el total de harinas y almidón). Los resultados tecnológicos de las galletas revelaron que la Formulación 1 presentó una dureza 3.92 N, una dureza que se considera intermedia. En el análisis sensorial, la Formulación 1 obtuvo una puntuación de 5.28 en Aceptabilidad General, un valor superior a la galleta solo de garbanzo (4.78) y similar en Sabor (5.43) y Aroma (5.33). Los autores concluyeron que la adición de harinas de algarroba y avellana mejoró la aceptabilidad general de la galleta a base de harina de garbanzo precocida, proporcionando una alternativa sin gluten con alto valor nutricional.

Morales et al. (2017) en su investigación cuyo objetivo fue evaluar la calidad fisicoquímica de harina, la calidad reológica de masa, la calidad física y la calidad sensorial de galleta elaborada con diferentes mezclas de harina de trigo suave (variedad Urbina S2007) con harina de amaranto (variedad Nutrisol). La metodología se basó en un diseño experimental de ANOVA simple con cinco formulaciones (100 % Trigo; 75 % Trigo, 25 % Amaranto; 50 % Trigo, 50 % Amaranto; 25 % Trigo, 75 % Amaranto y 100 % Amaranto) y tres repeticiones; se utilizaron métodos estándar de la AACC, incluyendo espectrofotometría NIR, sedimentación (Zeleni), alveógrafo (Chopin) y mixógrafo para la calidad de la masa, y una prueba de preferencia con 60 panelistas para la evaluación sensorial. Los resultados mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las formulaciones, observándose que al incrementar el amaranto se aumentaba el Volumen de Sedimentación (VS: 26.6 ml) y la Tenacidad (P) de la masa (44.0 mm a 71.00 mm), mientras que disminuían la Extensibilidad (L) y la Fuerza de la Masa (W). La mejor formulación (75 % Trigo, 25 % Amaranto) presentó un Factor Galletero (FG) de 4.9, un Tiempo de Amasado (TA) de 2.0 min y una Estabilidad del Amasado (EA) de 2.2 min, resultando en la mayor preferencia de los consumidores: 70 % por su sabor, 68.3 % por su textura y 56.7 % por su apariencia. Los autores concluyeron que la formulación 75 % Trigo (Urbina), 25 % Amaranto posee propiedades funcionales similares a la harina 100 % Trigo Galletero (Urbina) y es la preferida por los consumidores, siendo una alternativa viable para la elaboración de galletas funcionales.

En la propuesta de Toaquiza (2012) tuvo como objetivo determinar el porcentaje óptimo de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto y panela en la elaboración de galletas, buscando una alternativa ante el incremento del precio del trigo importado. La metodología empleó un diseño factorial  $3^2$  y evaluó los tratamientos mediante análisis de textura, microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales, siendo la Formulación a1b2 (25 % harina de amaranto, 75 % harina de trigo, 35 % panela) el mejor tratamiento seleccionado. Los resultados indicaron una calidad nutricional superior en el mejor tratamiento, con 10.07 % de Proteína y 1.80 % de Cenizas (frente al 9.4 % y 1.39 % del control, respectivamente), y una Humedad de 2.36 % (superior al 1.8 % del control). A nivel textural, la formulación a1b2 presentó una Dureza promedio de 10.07 N y un Trabajo Dureza Terminado (TDT) promedio de 15.08 mJ. En el ámbito microbiológico a los 21 días

de almacenamiento, el mejor tratamiento mantuvo una presencia mínima de mohos y levaduras (<10 ufc/g). Finalmente, el análisis sensorial confirmó su optimización, con una Aceptabilidad de 4.50 puntos sobre 5, destacando su Dulzor (4.33 puntos), Color (4.00 puntos) y Textura (3.67 puntos). Los autores concluyeron que el uso de 25 % de amaranto y 35 % de panela permite obtener galletas con propiedades nutricionales y organolépticas mejoradas, representando una alternativa viable en el mercado.

Carrillo (2020) desarrolló una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad bromatológica, sensorial y microbiológica de galletas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp*) por amaranto (*Amaranthus spp*) y adición de chocolate. La metodología se basó en un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B, evaluando porcentajes de amaranto (10, 15, 20 %) y chocolate (0, 5, 10 %), y seleccionando los tres mejores tratamientos (T1, T3, T7) mediante análisis sensorial para su caracterización bromatológica, microbiológica y económica. Los resultados demostraron que la Formulación T7 (20 % Amaranto, 0 % Chocolate) fue el mejor tratamiento, destacando en el análisis bromatológico por su mayor contenido de proteína (8.37 %) , fibra (4.69 %), grasa (17.84 %) y humedad (2.94), superando a los demás tratamientos. A nivel microbiológico, el T7 cumplió con la normativa (Aerobios Mesófilos:  $0.31 \times 10^3$  ufc/g y Mohos-Levaduras: Ausencia de ufc/g). Además, este tratamiento (T7) se estableció como el mejor en la valoración sensorial afectiva (color, gusto, textura y aceptabilidad). Los autores concluyeron que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto sí tiene una incidencia positiva en la calidad bromatológica, sensorial y microbiológica de las galletas.

Mera et al. (2020), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue evaluar la calidad sensorial, microbiológica y bromatológica de galletas elaboradas a base de harinas de amaranto, quinua y trigo. La metodología se basó en el estudio de tres tratamientos (T1, T2 y T3) con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto y quinua (solas o en combinación), utilizando una escala hedónica de preferencia para el análisis sensorial, y métodos estándar para las caracterizaciones bromatológicas y microbiológicas. Los resultados determinaron que el mejor tratamiento fue el T1 (80 % Trigo, 10 % Amaranto, 10 % Quinua), el cual obtuvo la mayor aceptabilidad sensorial (media de 4.25). A nivel bromatológico, esta formulación presentó un incremento

notable en nutrientes clave en comparación con el testigo (100 % Trigo), alcanzando un 10.12 % de Proteína, 2.11 % de Fibra y 1.46 % de Ceniza (vs. 8.80 %, 0.35 % y 0.62 % del testigo, respectivamente), manteniendo una Humedad de 2.64 %. Además, todos los tratamientos cumplieron con la normativa microbiológica (Aerobios Mesófilos:  $1.2 \times 10^3$  ufc/g). Los autores concluyeron que la sustitución parcial de harina de trigo por la mezcla de amaranto y quinua es factible, logrando una galleta con alto valor nutricional y sensorial, lo que la posiciona como una alternativa prometedora en el mercado.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Trigo**

El trigo (*Triticum aestivum* L.), conocido como trigo común es una planta anual crucial desde hace milenios, provee granos esenciales para la elaboración de alimentos básicos como pan, pasta y repostería. Su cultivo se remonta a hace unos 9000 años, y ha sido fundamental para el sustento y el desarrollo de grandes civilizaciones en Europa, Asia y África, acompañando la expansión de la población humana a nivel global. El trigo común es la especie más comercialmente importante debido a su idoneidad para la panificación, gracias a su contenido de proteínas como gliadina y glutenina. Por otro lado, la especie *Triticum durum*, conocido como trigo duro, carece de estas proteínas, lo que lo hace menos adecuado para hornear pero ideal para la producción de pasta y fideos, destacándose por sus cualidades en este ámbito (Totoy, 2022).

#### **2.2.1.1. Características taxonómicas**

Mansano et al. (2017) por su parte indica que el trigo pertenece a la familia *Poaceae* y al género *Triticum*, tiene su origen en el sudeste asiático, con evidencias de cultivo que datan de más de 10 000 años. El género *Triticum* abarca alrededor de 30 especies, de las cuales la mitad se cultivan comercialmente y la otra mitad crecen de forma silvestre. La mayor parte de la producción mundial de trigo proviene de dos especies principales: *Triticum aestivum* (trigo común) y *Triticum durum* (trigo duro), que juntas representan más del 90 % de la producción global. En la Tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica del trigo.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del trigo

Dominio	Eukariota
Reino	<i>Plantae</i>
Familia	Espermatofita
Sub-familia	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>Triticum aestivum</i>

**Fuente.** (Bálint, Kovács y Sutka, 2000)

### **2.2.1.2. Características edafoclimáticas**

Las condiciones óptimas para el desarrollo del trigo es un suelo arcilloso con un pH entre 5.5 a 7.5, con un clima subtropical, moderadamente templado y frío con temperaturas alrededor de 13 °C, una pluviosidad anual de 229 a 762 mm, respecto a la humedad se requiere una atmósfera seca, ya que en condiciones de alta humedad favorece la proliferación de enfermedades fúngicas (Montenegro, 2012).

### **2.2.1.3. Producción en Ecuador y valor nutricional**

De acuerdo con Montenegro (2012), en Ecuador, el trigo es uno de los cereales más importantes, junto con el arroz, el maíz y la cebada. Donde su consumo a nivel nacional supera las 450 000 toneladas anuales, lo que se traduce en un consumo por persona superior a 35 kg/año. Sin embargo, el país enfrenta un desafío significativo, ya que solo produce el 2 % de sus necesidades internas, unos 9 000 toneladas, mientras que importa el 98 % restante. Además, Ecuador tiene la productividad más baja de trigo en Latinoamérica, con un rendimiento de apenas 0.6 toneladas por hectárea.

El grano de cereal, particularmente el trigo, almacena principalmente almidón en su endospermo, que constituye alrededor del 80 % de este tejido, junto con aproximadamente un 10 % de proteína. El grano se divide en tres partes principales: el salvado, el germen y el endospermo. El salvado, que es la capa exterior, es rico en minerales, fibra, vitaminas B y compuestos bioactivos, y su uso en productos alimenticios ha aumentado significativamente en los últimos años. El germen, aunque pequeño, es una fuente valiosa de nutrientes. El endospermo, que es la mayor parte del grano, es

fundamental para la producción de harina blanca y es rico en carbohidratos y proteínas (Totoy, 2022). En la Tabla 2 se presenta el valor nutricional del trigo.

**Tabla 2.** Valor nutricional del trigo

Compuesto	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	275
Grasa	G	4.25
Carbohidratos	G	21.72
Azúcares	G	0.09
Proteína	G	15.55
Vitamina B1	Mg	0.52
Vitamina B2	Mg	0.57
Vitamina B3	Mg	18.28
Vitamina B6	mg	1.3
Vitamina E	mg	2.3
Sodio	mg	2
Calcio	mg	73
Hierro	mg	10.57
Potasio	mg	1182
Magnesio	mg	612

**Fuente.** (Myprotein, 2018)

### 2.2.2. Amaranto

El cultivo de amaranto tiene sus raíces en América, donde fue utilizado como fuente de alimento por primera vez hace más de 5000 años, principalmente por la civilización maya. Posteriormente, tanto los aztecas como los incas lo adoptaron como una fuente principal de proteínas, consumiéndolo tanto como verdura como en forma de grano reventado (Suquillo, 2018).

Gaibor et al. (2016) consideran al amaranto como una de las plantas herbáceas más nutritivas del mundo, destacando su elevada calidad nutricional, especialmente por su alto contenido de proteínas, calcio, ácido fólico y vitamina C.

#### 2.2.2.1. Características taxonómicas

Suquillo (2018) menciona que el amaranto es también conocido como kiwicha, achita, achis y coyo en Perú, y con otros nombres en Bolivia y Ecuador, pertenece a la familia Amaranthaceae. Esta planta tiene diversas denominaciones regionales, reflejando su importancia cultural y culinaria en estas áreas. La clasificación taxonómica del amaranto se encuentra dentro del género *Amaranthus*, incluye varias especies, siendo algunas de las más destacadas *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus hypochondriacus*, que son

ampliamente cultivadas por sus semillas y hojas comestibles. En la Tabla 3 se detalla la clasificación taxonómica del amaranto.

**Tabla 3.** Clasificación taxonómica del amaranto

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Género	<i>Amaranthus</i>
Sección	<i>Amaranthus</i>
Especies	<i>Amaranthus caudatus</i> , <i>A. cruentus</i> , <i>A. hypochondriacus</i>

**Fuente.** (Tustón, 2007, pág.3)

### 2.2.2.2. Características edafoclimáticas

El cultivo de amaranto se desarrolla óptimamente en suelos francos con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con un pH entre 6 y 7.5. Esta planta se adapta bien a diferentes alturas, desde el nivel del mar hasta 3200 m.s.n.m., aunque su desarrollo es ideal entre 2000 y 2800 m. La temperatura ideal para su crecimiento es entre 18 y 24 °C; temperaturas por debajo de 4 °C causan daños irreversibles. El amaranto requiere humedad durante la germinación y el crecimiento inicial, pero en fases posteriores necesita un ambiente seco. La precipitación óptima es de 300 a 600 mm anuales (Suquillo, 2018).

### 2.2.2.3. Producción en Ecuador y valor nutricional

Suquillo (2018) menciona que en Ecuador se cultivan dos especies de amaranto: *A. caudatus* L. y *A. quitensis* (conocido como ataco o sangorache), principalmente en la región sierra. Las provincias más destacadas en su producción son Imbabura, Pichincha, Chimborazo, Bolívar, Azuay, Cañar y Carchi, siendo las primeras tres las que poseen la mayor superficie cultivada. Hasta 2012, la superficie de cultivo era de aproximadamente 50 hectáreas, con rendimientos de 1.5 a 2 toneladas por hectárea. El amaranto se consume de varias maneras, como grano reventado, en barras energéticas y granolas, y también se procesa para hacer harina, que se combina con harina de trigo para elaborar galletas, pan y pasteles.

Además, entre las características nutricionales (Tabla 4) del amaranto destaca su alto contenido de proteínas, que varía entre el 15 al 17 %, superando a la quinua, el arroz y el maíz. Su proteína tiene un equilibrio de aminoácidos similar al requerido por el ser humano, destacando su contenido de lisina y aminoácidos azufrados, lo que la hace comparable a la proteína de la leche y cercana a la proteína ideal propuesta por la FAO. Además, el amaranto es rico en minerales como calcio, hierro, potasio, magnesio, fósforo, manganeso, sodio y zinc, contribuyendo significativamente a las necesidades diarias de calcio y hierro. También es una buena fuente de vitaminas A, B1, B2, B3, B9 (ácido fólico) y C, así como fibra, esencial para el metabolismo y la digestión (Suquillo, 2018).

**Tabla 4.** Valor nutricional del amaranto

Compuesto	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	371
Proteínas	G	13.6
Carbohidratos	G	65.3
Grasas	G	7
Ceniza	G	2.9
Vitamina B6	Mg	0.59
Vitamina C	Mg	4.2
Vitamina E	Mg	1.2
Calcio	Mg	159
Cinc	Mg	2.9
Cobre	Mg	0.53
Fósforo	Mg	557
Magnesio	Mg	248
Potasio	Mg	508
Hierro	Mg	7.6

**Fuente.** (Tips de nutrición, 2023)

### 2.2.3. Garbanzo

El garbanzo, es una de las leguminosas más cultivadas en el mundo cuyo origen se localiza en la zona meridional del Cáucaso y el norte de Persia, específicamente en el actual Irán, se propagó hacia Europa, con énfasis en la región mediterránea, y África, particularmente Etiopía, donde experimentó una diversificación secundaria. Diversos estudios identifican alrededor de 40 especies de garbanzo, con una concentración predominante en el Oriente Medio, Turquía, Israel y Asia Central; no obstante, *Cicer arietinum* es la única especie cultivada. Introducido en América Latina por los colonizadores españoles, el garbanzo se adaptó exitosamente en California, México y otras áreas de clima árido en el continente americano (Echeverría et al., 2019).

### 2.2.3.1. Características taxonómicas

De acuerdo con Echeverría et al. (2019), la clasificación taxonómica del garbanzo se encuentra dentro del género *Cicer*, donde la especie más conocida es *Cicer arietinum* L. En la Tabla 5 se detalla la clasificación taxonómica del garbanzo.

**Tabla 5.** Clasificación taxonómica del garbanzo

Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Leguminosae
Familia	Fabaceae
Género	<i>Cicer</i>
Especie	<i>Cicer arietinum</i> L.

**Fuente.** (Echeverría et al., 2019)

### 2.2.3.2. Características edafoclimáticas

El garbanzo exhibe una notable adaptabilidad a climas secos y frescos, siendo cultivado comúnmente en la estación invernal de las regiones tropicales y durante la primavera y el verano en zonas templadas. Las condiciones edafoclimáticas óptimas para su desarrollo comprenden temperaturas diurnas entre 21 y 29 °C, y nocturnas de 18 a 26 °C, junto con un régimen de precipitaciones anuales que oscila entre 600 y 1000 mm. La baja humedad relativa favorece el cuajado de la semilla. Aunque el garbanzo se comporta como una planta de día neutro, estudios fisiológicos lo caracterizan como una planta de día largo cuantitativo, demostrando su capacidad para florecer en una amplia gama de fotoperíodos. Es importante señalar que con granizo, lluvias torrenciales y calor excesivo pueden perjudicar el cultivo. Adicionalmente, esta leguminosa contribuye al mejoramiento de la estructura y la fertilidad del suelo a través de la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, con una capacidad que excede los 70 kg ha<sup>-1</sup>. Su inclusión en rotaciones de cultivos con cereales facilita la interrupción del ciclo biológico de patógenos edáficos como *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Macrophomina phaseolina* Goidanich (Echeverría et al., 2019).

### 2.2.3.3. Producción en Ecuador y valor nutricional

En la investigación de Llerena (2021) el garbanzo destaca como un cultivo estratégico en Ecuador por su adaptabilidad a condiciones costeras y su perfil nutricional. El cultivo se ha evaluado exitosamente en la provincia de Santa Elena (zona de Limoncito), donde

se demostró su adaptación a condiciones edafoclimáticas costeras con temperaturas promedio de 25°C y suelos franco-arenosos. Aunque no se especifican las utilizadas en Ecuador, globalmente las Kabuli (crema, tamaño grande) son preferidas para mercados premium, mientras las Desi (oscuros, tamaño pequeño) son más resistentes a sequías. Los resultados en Santa Elena sugieren que el garbanzo podría integrarse en rotaciones agrícolas costeras, mejorando la sostenibilidad mediante su capacidad de fijación de nitrógeno.

El garbanzo destaca por su perfil nutricional multifacético (Tabla 6), que incluye proteínas vegetales completas, grasas insaturadas (principalmente ácido oleico y linoleico), fibra dietética y carbohidratos complejos, componentes que aportan energía y beneficios metabólicos. Su composición lipídica, superior a otras leguminosas, se caracteriza por la ausencia de colesterol y la predominancia de ácidos grasos insaturados, mientras que su contenido vitamínico abarca múltiples variantes del grupo B. Estas propiedades nutricionales varían según la variedad cultivada y las condiciones agroecológicas durante su producción, lo que determina diferencias cuantitativas en su valor alimenticio final.

**Tabla 6.** Valor nutricional del garbanzo

Compuesto	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	164
Proteínas	G	8.9
Carbohidratos	G	27.4
Grasas	G	2.6
Vitamina A	µg	1
Vitamina B6	Mg	0.14
Vitamina C	Mg	1.3
Vitamina E	Mg	0.35
Vitamina K1	µg	4
Calcio	Mg	49
Fósforo	Mg	168
Magnesio	Mg	48
Potasio	Mg	291
Sodio	Mg	7

**Fuente.** (Tips de nutrición, 2023)

## 2.2.4. Harinas

### 2.2.4.1. Clasificación de las harinas

La clasificación de harinas mediante el sistema de "ceros", se basa en parámetros técnicos del contenido proteico y su articulación con la nomenclatura europea

centrada en propiedades funcionales, conforman un marco normativo dual esencial para la estandarización de productos panaderos y de repostería (Recetas Nestlé, 2022). De acuerdo con Laura - Escuela de tartas (2017) con este modelo híbrido, ampliamente adoptado en Argentina y Sudamérica, permite la selección precisa de materias primas según atributos específicos.

- **Harina 0.** Denominadas también harinas de gran fuerza se caracterizan por su alto contenido proteico ( $\geq 13$  %) y menor refinado, presentan mayor presencia de impurezas y restos del grano. Su fuerza estructural las hace idóneas para elaboraciones de pasta alimenticia y repostería enriquecida con grasas/azúcares, donde la capacidad de absorción hídrica y resistencia a la fermentación son críticas.
- **Harina 00.** Denominadas también harinas de media fuerza, con 10-12 % de proteína, destacan por su equilibrio entre fuerza y refinado, facilitando la formación de gluten para panes y masas con levadura. Su elasticidad permite un desarrollo uniforme durante el horneado, siendo clave en panadería tradicional y pasta fresca.
- **Harina 000.** Denominadas también harinas flojas o débiles, aunque técnicamente son similares a las 00 (10-11 % proteína), su refinado ligeramente superior las hace preferibles para pizzas y panes que requieren retención eficiente de gases. Mantienen la capacidad de leudado sin deformación, aunque con menor fuerza que las 00.
- **Harina 0000.** Denominadas también harinas muy flojas, con 7-9 % de proteína y máxima refinación, presentan baja capacidad de absorción hídrica y formación de gluten. Su uso se limita a repostería (galletas, tortas, hojaldres) donde la ligereza estructural es prioritaria, siendo inadecuadas para panificación por su incapacidad para retener gases.

#### 2.2.4.2. Tipos de harina y valor nutricional

- **Harina de trigo.** “Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) hasta un grado

de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado)" (NTE INEN 616, 2015, p. 1).

- **Harina de centeno.** Es un producto obtenido de la molienda del grano de centeno (*Secale cereale*), caracterizado por su alto contenido en fibra (8 g/100 g) y proteínas (9 g/100 g), con un perfil nutricional destacado en hierro (2.7 mg/100 g) y fósforo (360 mg/100 g). Su composición incluye vitaminas del complejo B, como tiamina y riboflavina, siendo una alternativa funcional para dietas que requieren control glucémico y aporte mineral (Vegaffinity, 2018).
- **Harina de cebada.** Derivada de la molienda integral del grano de cebada (*Hordeum vulgare*), destaca por su bajo índice glucémico y ausencia de gluten, lo que la hace apta para celíacos. Contiene fibra soluble e insoluble (17.3 g/100 g) y carbohidratos complejos que regulan la absorción de glucosa. Su perfil mineral incluye magnesio y manganeso, con vitaminas B como tiamina y riboflavina (Rotimatic, 2024).
- **Harina de maíz.** Deriva de la molienda de granos de maíz, con un valor calórico de 343 kcal/100 g, compuesto principalmente por carbohidratos, proteínas y fibra, destacando su alto contenido en vitaminas del complejo B (especialmente B1), ácido fólico, magnesio, calcio y potasio. Carece de gluten, lo que la hace apta para dietas celíacas, y su fibra soluble mejora la digestión y la sensación de saciedad. Su perfil nutricional incluye grasas poliinsaturadas y carotenos, con beneficios antioxidantes y para la salud ocular (Vegaffinity, 2018).
- **Harina quinoa.** Es un pseudocereal con alto valor proteico, rico en aminoácidos esenciales, fibra, hierro, magnesio y vitaminas B. Su perfil nutricional la posiciona como una alternativa completa para dietas vegetarianas y sin gluten (Jiménez y Landa, 2018).
- **Harina de amaranto.** Obtenido de la molienda del amaranto (*Amaranthus spp.*) presenta un perfil nutricional destacado, caracterizado por un contenido proteico, superior al de cereales como quinua, arroz y maíz. Su composición mineral incluye calcio, hierro, potasio, magnesio, fósforo, manganeso, sodio y zinc, donde 100 g cubren el 46 % de la ingesta diaria recomendada de calcio y hierro. Además, es fuente de vitaminas A, B1, B2, B3, B9 (ácido fólico) y C, con un

contenido de ácido ascórbico de 2.28 mg por 100 g, complementado por fibra dietética esencial para el metabolismo y la salud digestiva (Suquillo, 2018).

- **Harina de garbanzo.** En palabras de Ortiz (2019) se caracteriza por ser un alimento nutritivo por su alto contenido de proteína, fibra, minerales y vitaminas tipo B que ayudan a prevenir enfermedades hepáticas.

### 2.2.5. Galletas

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatorina NTE INEN 2085 (2005) se define a las galletas como "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" (pág. 1). Además, Las galletas se deben fabricar en condiciones sanitarias adecuadas, siguiendo buenas prácticas de fabricación y utilizando materias primas saludables, limpias, libres de impurezas y en perfecto estado de conservación, es decir, cumpliendo con los estándares establecidos por las norvativas vigentes. A las galletas se les pueden agregar productos como azúcares naturales, sal, productos lácteos y sus derivados, lecitina, huevos, frutas, pasta de masa de cacao, grasa, aceites, levadura y cualquier otro ingrediente apto para el consumo humano.

#### 2.2.5.1. Clasificación de las galletas

Según la NTE INEN 2085 (2005) las galletas se clasifican en:

- **Simple.** Son aquellas que a partir de su definición no tienen una operación adicional al horneado.
- **Saladas.** Son aquellas que a partir de su definición tienen una afinidad salada.
- **Dulces.** Son aquellas que a partir de su definición tienen una afinidad dulce.
- **Wafer.** Son aquellas obtenidas a partir del horneado de una masa líquida (oblea) adicionando un relleno para formar un sánduche.
- **Con relleno.** Son aquellas que a partir de su definición tienen un relleno.
- **Revestidas o recubiertas.** Son aquellas que a partir de su definición tienen en su capa exterior un revestimiento o baño, y pueden ser simples o rellenas.
- **Bajas en calorías.** Son aquellas que a partir de su definición se reduce por lo menos el 35 % de contenido calórico.

### 2.2.5.2. Composición nutricional de las galletas

La composición nutricional de las galletas puede variar ampliamente dependiendo de los ingredientes utilizados y las formulaciones específicas. De acuerdo con Hoyos et al. (2020), las galletas se clasifican como alimentos ultraprocesados según la clasificación NOVA, caracterizándose por su alto valor energético y densidad calórica. Su estudio revela que tienen un contenido medio de 471.86 kcal por 100 g y una densidad calórica de 4.72 kcal/g, además de contener una cantidad significativa de azúcares añadidos, aproximadamente 25 g por 100 g.

Por otro lado De la Cruz y Rojas (2020) en su investigación mencionan que la composición nutricional de las galletas (Tabla 7) varía según su tipo y los ingredientes adicionales, como rellenos o coberturas. En general, se caracterizan por un bajo contenido de agua y una proporción significativa de grasas y azúcares, lo que resulta en una alta densidad calórica, con aproximadamente 400 kcal por porción. Además, destacan el contenido proteico del 18.72 % y un contenido de hierro de 39.99 mg por cada 100 gramos, los cuales superan los mínimos requeridos, lo que sugiere que esta galleta puede ser una opción saludable para abordar problemas como la desnutrición y la anemia, ofreciendo una alternativa nutritiva y saludable.

**Tabla 7.** Valor nutricional de una galleta simple

Compuesto	Unidad	Valor
Calorías	Kcal	510
Proteínas	G	6.6
Carbohidratos	G	61.3
Grasas	G	26.4
Vitamina B6	Mg	0.06
Vitamina E	Mg	3
Vitamina K1	µg	69.3
Calcio	Mg	120
Fósforo	Mg	248
Magnesio	Mg	18
Potasio	Mg	118
Sodio	Mg	726

**Fuente.** (Tips de nutrición, 2023)

### 2.2.6. Gluten

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatorina NTE INEN 2085 (2005) se define gluten como aquella "sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la

harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina" (pág. 1).

En palabras de Pérez (2022), el gluten es un conjunto de proteínas presentes principalmente en la harina de cereales como el trigo, cebada, centeno y avena. Está compuesto por dos proteínas principales: gliadina y glutenina. Aunque el gluten es común en muchas dietas, no es esencial para el organismo humano. Por lo tanto, las personas con enfermedad celíaca, intolerancia o alergia al gluten pueden adoptar una dieta sustituyendo el gluten con proteínas alternativas de origen vegetal o animal.

#### **2.2.6.1. Intolerancia al gluten**

Pérez (2022) menciona que la intolerancia al gluten es una reacción adversa a los alimentos que contienen gluten, caracterizada por síntomas gastrointestinales como hinchazón y diarrea, así como otros síntomas sistémicos como dolor de cabeza, irritabilidad y hormigueo en las extremidades. Además, la intolerancia al gluten no activa el sistema inmune ni causa daño a los tejidos.

#### **2.2.6.2. Alergia al gluten**

La alergia al gluten es una reacción inmunológica en la que el cuerpo responde al gluten como si fuera dañino, aunque en realidad no lo es. Los síntomas de esta alergia incluyen náuseas, congestión nasal y ocular, calambres, hinchazón en la boca, dificultades respiratorias y erupciones cutáneas con picazón. A diferencia de la celiacía y la intolerancia al gluten, la alergia al gluten puede mejorar con el tiempo, lo que permite a algunas personas volver a consumir alimentos con gluten (Pérez, 2022).

#### **2.2.6.3. Enfermedad celíaca**

La enfermedad celíaca es una condición inflamatoria autoinmune que afecta la mucosa intestinal de personas genéticamente predisposiciones, desencadenada por el consumo de gluten. Esta enfermedad se caracteriza por una amplia variedad de síntomas clínicos que pueden manifestarse en cualquier grupo de edad (Moscoso y Quera, 2015).

La celiacía es una enfermedad intestinal, donde el contacto del gluten con la mucosa intestinal desencadena reacciones inflamatorias que pueden causar daños graves en el

intestino delgado. Los síntomas de la celiaquía incluyen tanto problemas digestivos, como pérdida de apetito, vómitos, diarrea, hinchazón abdominal, pérdida de peso y dolor abdominal; como síntomas no digestivos, como retraso del crecimiento y desarrollo, anemia, cansancio y úlceras bucales (Pérez, 2022).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

El proyecto adoptó un enfoque mixto, combinando aspectos cualitativos y cuantitativos. Se empleó un enfoque cuantitativo para el análisis de factores fisicoquímicos (proteínas, grasas, cenizas, humedad, etc.) de las diferentes formulaciones de galletas. Los indicadores sensoriales, tales como olor, color, sabor, textura y aceptabilidad, fueron evaluados cualitativamente para comprender la percepción de los consumidores.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

En el presente estudio se empleó los siguientes tipos de investigación:

- **Descriptiva.** Debido a que este tipo de investigación no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.
- **Exploratoria.** Por cuanto es un tema de poco estudio y la finalidad de este trabajo fue establecer alternativas para la industrialización del garbanzo y el amaranto, identificando el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harinas de garbanzo y amaranto en la elaboración de una galleta permitiendo establecer las mejores formulaciones.
- **Experimental.** Debido a que mediante la experimentación se consiguieron establecer relaciones de causa efecto entre los porcentajes de sustitución.

#### 3.2. HIPÓTESIS

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>).** La elaboración de galletas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y harina garbanzo no influye sobre las características fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y microbiológicas de la galleta.

**Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>).** La elaboración de galletas a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y harina garbanzo influye sobre las características fisicoquímicas, reológicas, sensoriales y microbiológicas de la galleta.

### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Variables independientes:** Porcentaje de sustitución de harinas (15, 25 y 35 %)

**Variables dependientes:** Calidad de las harinas y calidad de la galleta (parámetros fisicoquímicos, reológicos, sensoriales y microbiológicos)

En la Tabla 8 se detalla la operacionalización de variables, donde se desglosan las variables, dimensiones e indicadores que permiten evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de amaranto y garbanzo en la elaboración de una galleta.

**Tabla 8.** Operacionalización de las variables

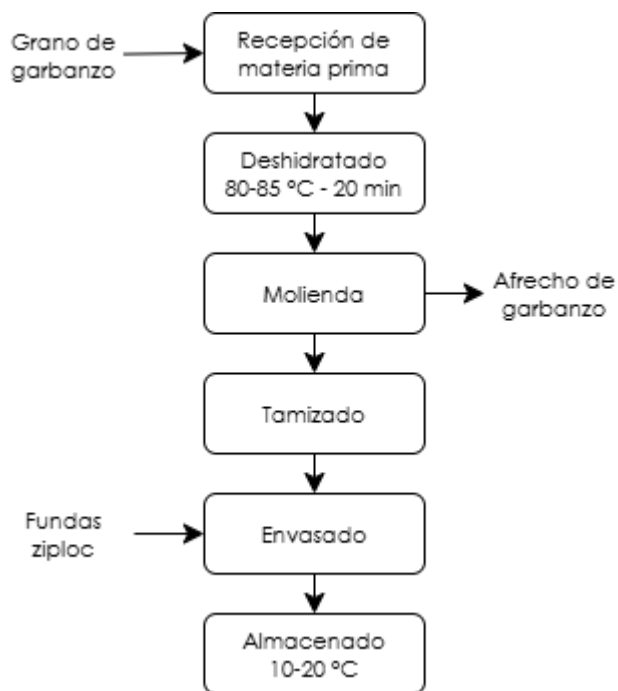
<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>V. Independiente</b>				
Porcentaje de sustitución de Harina de amaranto y harina de garbanzo	Tratamientos	H.T. H.A. H.G. T1: 70 % + 15 % + 15 % T2: 50 % + 25 % + 25 % T3: 30 % + 35 % + 35 %	Experimental	
<b>V. Dependiente</b>				
Calidad de las harinas (Harina de Amaranto y Harina de Garbanzo)	Harinas	Proteína (base seca) % Humedad% Grasas % Cenizas (base seca) % Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	Método Kjeldahl Desecación por estufa Extracción Soxhlet Calcinación por mufla Titulación	AOAC 2001.11 AOAC 925.10 AOAC 945.16 AOAC 923.03 INEN 521
	Análisis de las mezclas	Análisis reológicos de las mezclas Gluten húmedo (%)	Mixolab Gravimetría	Chopin Technologies 2018 NTE INEN ISO 21415-1:2013
	Análisis fisicoquímico galleta	Proteína % Humedad % Grasas % Cenizas % pH %	Método Kjeldahl Desecación por estufa Extracción Soxhlet Calcinación por mufla Potenciometría	OAC 2001.11 AOAC 925.10 AOAC 945.16 AOAC 923.03 INEN 526
Calidad de la galleta	Análisis reológico	Dureza Fracturabilidad Masticabilidad	Texturómetro de Brookfield	CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions Manual No. M08-372-F1116
	Análisis microbiológico	R.E.P. ufc/g Mohos y levaduras ufc/g	Placas Petrifilm Placas Petrifilm	AOAC 990.122 AOAC 997.02
	Análisis sensorial galleta	Color Olor Textura Sabor Aceptabilidad	Prueba afectiva con escala hedónica de 5 puntos	Hoja de cata

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Diagrama de flujo de la obtención de las harinas

##### 3.4.1.1. Harina de garbanzo

En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de harina de garbanzo.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la obtención de la harina de garbanzo

#### Descripción del diagrama de flujo

**Recepción de la materia prima.** Se recibe los granos de garbanzo, los cuales fueron inspeccionados para asegurar buenas condiciones, sin presencia de impurezas o daños. Este control inicial permitió garantizar la calidad del producto final.

**Deshidratado.** Los granos fueron sometidos a un proceso de deshidratado a una temperatura de entre 80 y 85 °C durante 20 minutos. Esta etapa tuvo como finalidad reducir el contenido de humedad de los granos, evitando el desarrollo de microorganismos y facilitando la molienda posterior.

**Molienda.** Después del deshidratado, los granos secos fueron molidos utilizando un molino de martillos eléctrico equipado con sus respectivas cribas, lo que permitió obtener

una molienda uniforme y controlada. En este proceso se produjo harina de garbanzo y subproductos como el afrecho, los cuales fueron separados del material principal.

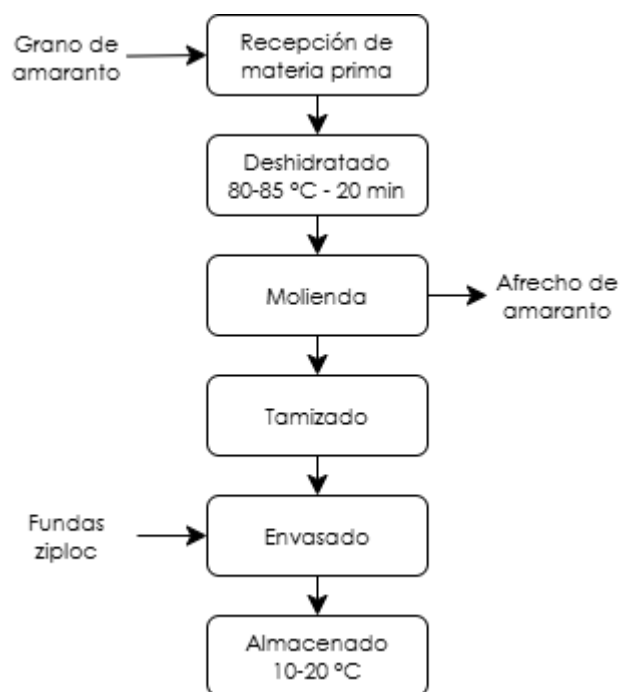
**Tamizado.** La harina obtenida fue tamizada para eliminar impurezas o partículas gruesas, asegurando una textura uniforme y adecuada para su posterior uso. Este paso permitió estandarizar la granulometría del producto final.

**Envasado.** La harina fue envasada en fundas tipo ziploc, las cuales ofrecieron una barrera protectora contra la humedad y contaminantes externos. El envasado se realizó cuidadosamente para mantener las condiciones higiénicas y la calidad del producto.

**Almacenado.** Finalmente, la harina envasada fue almacenada en un lugar fresco, con una temperatura ambiente entre 10 y 20 °C, con el fin de preservar sus propiedades nutricionales, evitar la rancidez y prolongar su vida útil.

### 3.4.1.2. Harina de amaranto

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de harina de garbanzo.



**Figura 2.** Diagrama de flujo de la obtención de la harina de amaranto

## **Descripción del diagrama de flujo**

**Recepción de la materia prima.** Se recibe los granos de amaranto, los cuales fueron inspeccionados para asegurar buenas condiciones, sin presencia de impurezas o daños. Este control inicial permitió garantizar la calidad del producto final.

**Deshidratado.** Los granos fueron sometidos a un proceso de deshidratado a una temperatura de entre 80 y 85 °C durante 20 minutos. Esta etapa tuvo como finalidad reducir el contenido de humedad de los granos, evitando el desarrollo de microorganismos y facilitando la molienda posterior.

**Molienda.** Después del deshidratado, los granos secos fueron molidos utilizando un molino de martillos eléctrico equipado con sus respectivas cribas, lo que permitió obtener una molienda uniforme y controlada. En este proceso se produjo harina de amaranto y subproductos como el afrecho, los cuales fueron separados del material principal.

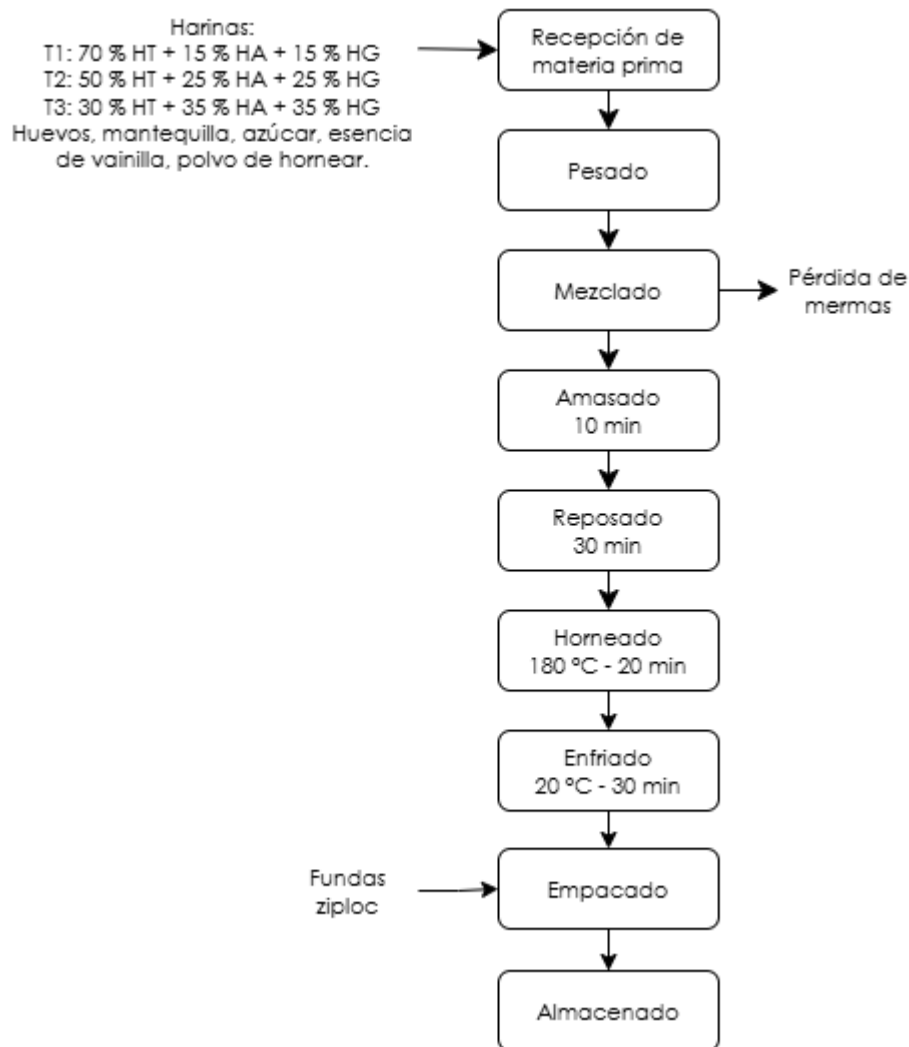
**Tamizado.** La harina obtenida fue tamizada para eliminar impurezas o partículas gruesas, asegurando una textura uniforme y adecuada para su posterior uso. Este paso permitió estandarizar la granulometría del producto final.

**Envasado.** La harina fue envasada en fundas tipo ziploc, las cuales ofrecieron una barrera protectora contra la humedad y contaminantes externos. El envasado se realizó cuidadosamente para mantener las condiciones higiénicas y la calidad del producto.

**Almacenado.** Finalmente, la harina envasada fue almacenada en un lugar fresco, con una temperatura ambiente entre 10 y 20 °C, con el fin de preservar sus propiedades nutricionales, evitar la rancidez y prolongar su vida útil.

### 3.4.2. Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de las galletas.



**Figura 3.** Diagrama de flujo de la elaboración de las galletas

#### Descripción del diagrama de flujo

**Recepción de la materia prima.** Se recibieron las materias primas necesarias para la elaboración de las galletas, que incluyeron harinas de garbanzo, amaranto y trigo, así como huevos, mantequilla, azúcar, esencia de vainilla y polvo de hornear. Los ingredientes fueron inspeccionados para asegurar que cumplieran con las condiciones de calidad requeridas antes de su uso en el proceso productivo.

**Pesado.** Cada ingrediente fue pesado de acuerdo con las proporciones establecidas en la formulación. Este paso garantizó la precisión en la mezcla y la uniformidad en la textura, sabor y consistencia de las galletas.

**Mezclado.** Los ingredientes pesados fueron mezclados hasta obtener una masa homogénea. Durante este proceso se produjo una pérdida de mermas mínima debido a la manipulación y adherencia del producto en los utensilios de mezcla. El mezclado permitió integrar de manera uniforme todos los componentes secos y húmedos.

**Amasado.** Posteriormente, la masa fue amasada durante 10 minutos, logrando una textura suave y maleable, adecuada para el formado de las galletas. El amasado favoreció la distribución uniforme de los ingredientes y la incorporación de aire en la masa.

**Reposado.** La masa fue dejada en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente. Este tiempo permitió que los ingredientes se integraran completamente y que la masa adquiriera una mejor consistencia para su posterior manipulación y formado.

**Horneado.** Después del reposo, la masa fue dividida y moldeada en galletas de forma redonda, las cuales se colocaron en bandejas y se introdujeron en un horno a gas. El horneado se realizó a una temperatura de 180 °C durante 20 minutos, hasta alcanzar un color dorado uniforme y una textura crujiente.

**Enfriado.** Una vez horneadas, las galletas fueron enfriadas a una temperatura de 20 °C durante 30 minutos, permitiendo que alcanzaran la firmeza adecuada y evitando la condensación de humedad dentro del empaque.

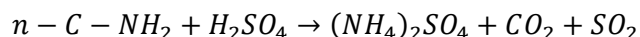
**Empacado.** Después del enfriado, las galletas se empacaron en fundas tipo Ziploc, lo que garantizó su conservación y protección frente a la humedad, el aire y agentes externos. Este tipo de empaque ayudó a mantener la frescura y textura crujiente del producto.

**Almacenado.** Finalmente, las galletas empacadas fueron almacenadas en un lugar fresco y seco, a temperatura ambiente, listas para su distribución o consumo posterior.

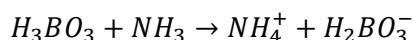
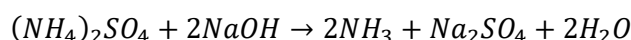
### 3.4.3. Determinación de proteína AOAC 981.10

Según García y Fernández (2014) la determinación de la proteína bruta por el método Kjeldahl consiste en tres etapas:

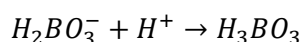
- a) Digestión ácida.** Se trata la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de calor y de un catalizador, para convertir al nitrógeno orgánico en sulfato de amonio.



- b) Destilación.** Se realizó mediante la alcalinización de la muestra anteriormente digerida y el nitrógeno se desprendió en forma de amoníaco, el cual se recoge sobre ácido bórico luego de la destilación.



- c) Titulación.** La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realizó mediante una valoración ácido-base del ión borato con una solución valorada de ácido clorhídrico, en presencia del indicador de Tashiro.



#### Procedimiento

##### a) Digestión

En primer lugar, se pesan aproximadamente 0.5 g de muestra seca en un papel libre de nitrógeno, en una balanza analítica y se lo transfiere a los tubos de vidrio para digestión de 250 mL. Después, se colocan dos núcleos de ebullición en cada tubo de digestión, 2 pastillas catalizadoras Kjeldahl (3.5 g  $K_2SO_4$ ; 0.105 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ; 0.105 g  $TiO_2$ ) y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado "Fisher" al 96 % grado analítico. Luego, se colocan los tubos en el equipo de digestión, previamente calentado a 420 °C por 1 hora. Una vez transcurrido el tiempo, se deja enfriar los tubos por 10 minutos y se coloca 100 mL de agua destilada tipo II.

## b) Destilación

El contenido se transfiere de los tubos a los balones de destilación de 500 mL y se agrega lentamente, 100 mL de solución de hidróxido de sodio al 40 % p/v, preparado a partir de 400 g de hidróxido de sodio grado analítico, Baker aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Después, se añade 25 mL de solución de ácido bórico al 4 %, preparada a partir de 10 g de ácido bórico grado analítico disueltos en agua caliente y aforados a 250 mL con agua destilada tipo II, luego, se colocan 5 gotas del indicador de Tashiro, compuesto de 100 mg de rojo de metilo y de verde de bromocresol disueltos en 100 mL de metanol en proporción 2:1, en los Erlenmeyers y se procede a armar el equipo de destilación. Por último, se destilan las muestras durante 25 minutos, hasta que el indicador vire de color rojo a verde.

## c) Titulación

Primero, se prepara una solución de ácido clorhídrico 0.1 N (M) a partir de 8.23 mL de ácido clorhídrico concentrado al 37 %, grado analítico aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Luego, se valora la solución con un estándar primario de carbonato de sodio, grado analítico marca. Después, se coloca 25 mL de la solución ácida en una bureta y se procede a titular el contenido de los Erlenmeyer, hasta que el indicador vire de color verde a lila (VA).

## Cálculos

$$\%NT = \frac{VA \times 1.4007 \times M}{m} \times 100$$

$$\%P = \%NT \times F$$

Donde:

NT = porcentaje de nitrógeno total

P = porcentaje de proteína bruta

VA = volumen en mL de HCl 0.1 N gastado en la titulación de la muestra

1.4007 = miliequivalentes en peso de N x 100 % M = molaridad del HCl estandarizado

m = peso de la muestra en gramos

F = 6.25 = factor de conversión de proteína.

### 3.4.2. Determinación de humedad AOAC 925.10

La norma AOAC 925.10 indica que el porcentaje de humedad se lo debe realizar de forma triplicada y se lo realizara de la siguiente manera:

- Establecer un pesaje constante de las cápsulas, en la estufa a  $103 \pm 3$  °C.
- Enfriar las cápsulas en el desecador.
- Pesar las cápsulas y anotar sus valores.
- Colocar la muestra en las cápsulas de 0.1 a 5 g y distribuir de forma equitativa.
- Colocar las cápsulas con la muestra en la estufa durante una hora.
- Repetir esta operación, hasta lograr una diferencia de pesaje de 0.1 mg.
- Para los cálculos del porcentaje de humedad utilice la fórmula (1).

$$\text{Humedad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100\%$$

Donde:

$m_1$  = Masa de la cápsula vacía

$m_2$  = Masa de la cápsula sin secar

$m_3$  = Masa de la cápsula con la muestra seca.

### 3.4.3. Determinación de cenizas AOAC 923.03

Materiales y equipos

- Balanza analítica sensibilidad 0.1g
- Crisoles de porcelana
- Mufla regulada  $550 \pm 25$  °C
- Desecador
- Espátula

#### Procedimiento medición de cenizas

Pesar una muestra de 5 a 10 g en crisol tarados. Si la muestra estuviese muy húmeda, se seca previamente.

Colocar los crisoles en un horno de mufla frío con la ayuda de pinzas, guantes y protección ocular si el horno de la mufla estuviese templado.

Se procede a calcinar durante 12-18 horas (o bien de un día para otro) a aproximadamente, 550 °C.

Se desconecta la mufla y se procede a abrir cuando la temperatura haya descendido por lo menos, hasta 250 °C o, preferiblemente más, baja.

Utilizando pinzas de seguridad, se transfieren los crisoles rápidamente a un desecador provisto de una placa de porcelana y agente desecante. Se cubren los crisoles, se cierra el desecador y se deje enfriar los crisoles pesados.

### **Cálculo y expresión de resultados**

Las cenizas del producto expresadas en porcentaje son igual a:

$$\text{Humedad} = \frac{(c_3 - c_1)}{(c_2 - m_1)} \times 100\%$$

Donde:

C<sub>1</sub> = masa del crisol en gramos

C<sub>2</sub> = masa del crisol con la muestra en gramos

C<sub>3</sub> = masa del crisol con las cenizas en gramos

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con un decimal

Respetabilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5 % del promedio.

#### **3.4.4. Determinación de grasas AOAC 945.16**

Para esta determinación se utilizará el n-hexano, y se la realizará de la siguiente manera:

- Pesar los dedales donde se colocará la muestra.
- Lavar, y colocar las cápsulas del equipo en la estufa, posteriormente pesar y anotar su peso.
- Colocar en los dedales la muestra a analizar de 0.1 mg a 2.35 g, tapar los dedales con algodón y colocar en el equipo.

- Colocar las cápsulas pesadas en el equipo, colocar 60 ml de n-hexano y poner en funcionamiento el equipo Soxhlet.
- El contenido etéreo se calculará con la ecuación 2:

$$Grasa = \frac{(m_2 - m_1)}{m(m_2 - m_1)} * 100\%$$

Donde:

m = masa de la muestra

m<sub>1</sub> = masa del balón sin muestra

m<sub>2</sub> = masa del balón con el extracto graso

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Formulación para la elaboración de la galleta

En la Tabla 9 se detalla la formulación utilizada para la elaboración de las galletas.

**Tabla 9.** Formulación para la elaboración de galletas

	Gramos (g)				Porcentaje (%)		
	T1	T2	T3		T1	T2	T3
<b>HT</b>	420	300	180	<b>HT</b>	36.14	25.82	15.49
<b>HA</b>	90	150	210	<b>HA</b>	7.75	12.91	18.07
<b>HG</b>	90	150	210	<b>HG</b>	7.75	12.91	18.07
<b>Polvo de hornear</b>	6	6	6	<b>Polvo de hornear</b>	0.52	0.52	0.52
<b>Azúcar</b>	100	100	100	<b>Azúcar</b>	17.21	17.21	17.21
<b>Huevos</b>	96	96	96	<b>Huevos</b>	8.26	8.26	8.26
<b>Esencia de vainilla</b>	10	10	10	<b>Esencia de vainilla</b>	0.86	0.86	0.86
<b>Mantequilla</b>	250	250	250	<b>Mantequilla</b>	21.51	21.51	21.51
	1162	1162	1162		100.00	100.00	100.00

En la Tabla 10 se presenta el esquema del experimento utilizado durante la investigación.

**Tabla 10.** Esquema del experimento

Tratamiento	% Harina de Trigo	% Harina de amaranto	% Harina de garbanzo	Repeticiones
<b>T1</b>	70	15	15	3
<b>T2</b>	50	25	25	3
<b>T3</b>	30	35	35	3

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### 4.1.1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y harina de amaranto)

La Tabla 11 presenta los resultados del análisis de verificación del supuesto de normalidad para las materias primas (harina de garbanzo y amaranto), realizado mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Este análisis constituyó el paso preliminar esencial para justificar la aplicación posterior de pruebas paramétricas, específicamente el análisis de varianza (ANOVA), con el objetivo de identificar diferencias estadísticamente significativas en las características fisicoquímicas de las harinas.

**Tabla 11.** Análisis de supuestos de la materia prima (harina de garbanzo y amaranto)

Variable	Supuesto	P-valor	Cumplimiento	Prueba	P-valor
Proteína	Normalidad Shapiro-Wilks	>0.9999	Sí	ANOVA	<0.0001
Ceniza	Normalidad Shapiro-Wilks	0.4909	Sí	ANOVA	0.0018
Humedad	Normalidad Shapiro-Wilks	0.4919	Sí	ANOVA	0.0003
Grasa	Normalidad Shapiro-Wilks	0.5229	Sí	ANOVA	0.0006
Acidez	Normalidad Shapiro-Wilks	0.6286	Sí	ANOVA	0.0002

El análisis de normalidad confirmó que todos los parámetros cumplieron con el supuesto al presentar valores de p superiores a 0.05. Tras esta verificación, el ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en todos los parámetros evaluados. Estos resultados indican que la composición de las harinas de garbanzo y amaranto presentó variaciones estadísticamente significativas en todos los componentes analizados.

La Tabla 12 presenta la caracterización fisicoquímica de las materias primas, donde se aplicó una prueba de Tukey para comparar las harinas de garbanzo y amaranto.

**Tabla 12.** Resultados fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y amaranto)

Parámetros	Harinas	
	Garbanzo	Amaranto
Proteína (%)	16.79 ± 0.00 <sup>B</sup>	18.18 ± 0.00 <sup>A</sup>
Ceniza (%)	3.73 ± 0.26 <sup>B</sup>	4.85 ± 0.02 <sup>A</sup>
Humedad (%)	8.46 ± 0.08 <sup>A</sup>	9.03 ± 0.04 <sup>B</sup>
Grasa (%)	4.53 ± 0.20 <sup>B</sup>	6.23 ± 0.23 <sup>A</sup>
Acidez (%)	0.02 ± 0.001 <sup>B</sup>	0.06 ± 0.01 <sup>A</sup>

**Nota.** Los resultados se presentan como media de las tres réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila para cada parámetro indican diferencia significativa.

El análisis reveló que la harina de amaranto presentó un mayor contenido de proteína (18.18 % vs 16.69 %), cenizas (4.85 % vs 3.73 %), humedad (9.03 % vs 8.46 %), grasa (6.23 % vs 4.53 %) y acidez (0.06 % vs 0.02 %) en comparación con la harina de garbanzo. Estos perfiles distintivos y complementarios demostraron que ambas materias primas son óptimas para la elaboración de galletas, ya que su combinación puede enriquecer el valor nutricional y las características sensoriales del producto final.

#### 4.1.2. Análisis de las mezclas de harina

##### 4.1.2.1. Pruebas reológicas (Mixolab)

A continuación, se presenta el resumen de los resultados del análisis Mixolab (Tabla 13), el cual evalúa el comportamiento reológico de las mezclas de harina con sustitución parcial por harina de amaranto y garbanzo.

Con respecto a la absorción de agua, se observa una clara tendencia decreciente en la capacidad de absorción de agua a medida que aumenta el nivel de sustitución. El tratamiento T1 presentó el valor más alto (56.3 %), seguido de T2 (55.8 %) y T3 (49.7 %). Esta reducción puede atribuirse a la menor capacidad de hidratación de las harinas de amaranto y garbanzo en comparación con la harina de trigo, así como a la dilución de la red de gluten, que es fundamental para retener agua. Una menor absorción en T3 sugiere que la masa requeriría menos agua durante el amasado, lo que podría resultar en una masa más firme y menos cohesiva, característica deseable en algunas formulaciones de galletas.

En el comportamiento durante el amasado (Fase C1), el par máximo en C1, relacionado con la consistencia inicial y la fuerza de la masa, disminuyó levemente con la sustitución (de 1.144 Nm en T1 a 1.108 Nm en T3). Esto indica una debilitación progresiva de la red proteica inicial debido a la dilución del gluten. El tiempo para alcanzar este pico (Tiempo

C1) fue más corto en T3 (5.78 min), lo que sugiere una menor tolerancia al amasado y una formación de la estructura más rápida pero más débil. La temperatura en C1 se mantuvo estable, confirmando que los cambios se deben principalmente a la composición y no a variaciones en la gelatinización temprana.

Para la estabilidad de la masa y comportamiento bajo calor (Fase C3), la estabilidad, que mide la resistencia de la masa al amasado prolongado, disminuyó drásticamente de T1 (9.8 min) a T2 (5.0 min) y se mantuvo baja en T3 (5.4 min). Esto refleja una mayor fragilidad y menor tolerancia al mezclado mecánico a niveles de sustitución más altos, debido a la interrupción de la matriz de gluten. En la fase C3 (cocción o gelatinización del almidón), el par (viscosidad durante el calentamiento) mostró una reducción marcada al aumentar la sustitución (1.291 Nm en T1 vs. 0.916 Nm en T3). Esto indica una menor capacidad de espesamiento y gelificación, atribuible a la menor cantidad y calidad del almidón de trigo disponible, así como a la interferencia de las proteínas y fibras de las harinas sustitutas. El aumento en el Tiempo C3 (de 21.95 a 23.12 min) sugiere un retraso en la gelatinización, posiblemente por competencia por el agua o efectos de dilución.

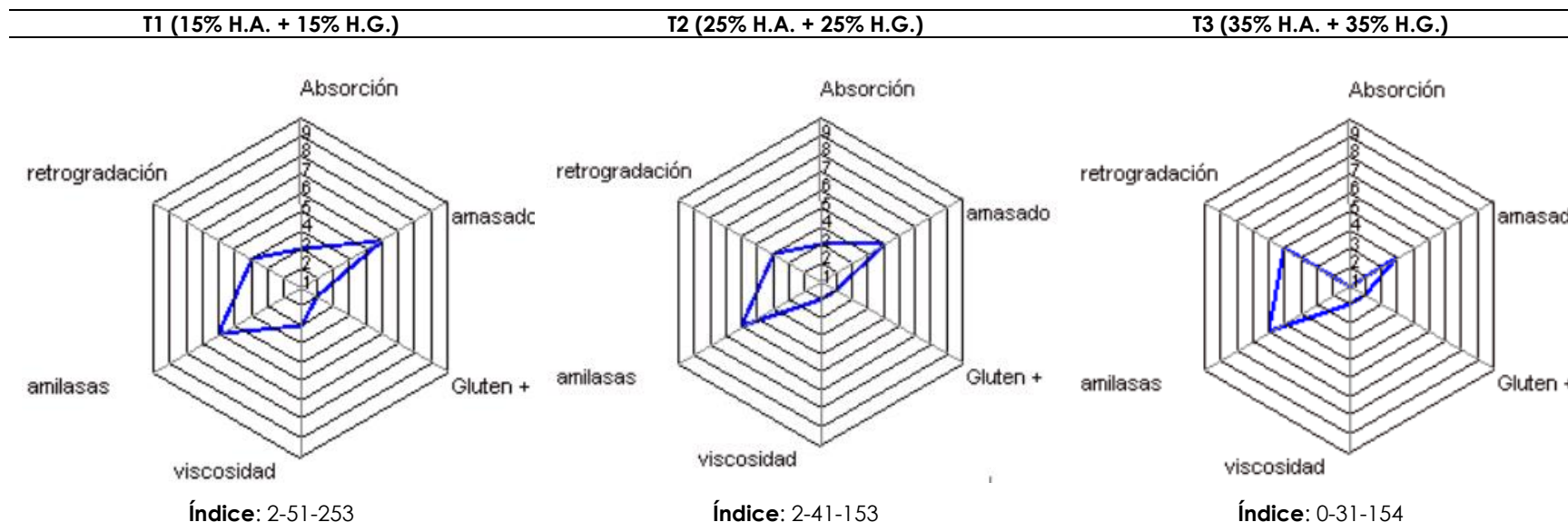
En cuanto al comportamiento durante la retrogradación (Fase C5), la fase de enfriamiento (C5), que evalúa la tendencia del almidón a retrogradar, el par (consistencia final del gel) fue mayor en T1 (1.478 Nm) y disminuyó en T2 (1.379 Nm), con un ligero aumento en T3 (1.396 Nm). La reducción general en T2 y T3 podría indicar una menor formación de la estructura gelificada debido a la menor cantidad de almidón de trigo. Sin embargo, el ligero repunte en T3 podría deberse a la contribución de otros polisacáridos o fibras de las harinas de amaranto y garbanzo que incrementan la viscosidad en frío. Este comportamiento es relevante para la textura final de la galleta, ya que una menor retrogradación podría asociarse con una menor dureza en el producto almacenado.

**Tabla 13.** Resumen de los resultados Mixolab en las mezclas de harinas

Tratamiento (Sustitución)	Absorción de agua (%)	Temperatura C1 (°C)	Tiempo C1 (min)	Par C1 (Nm)	Estabilidad (min)	Temperatura C3 (°C)	Tiempo C3 (min)	Par C3 (Nm)	Temperatura C5 (°C)	Tiempo C5 (min)	Par C5 (Nm)
T1 (15% H.A. + 15% H.G.)	56.3	31.500	6.380	1.144	9.800	79.500	21.950	1.291	55.800	45.020	1.478
T2 (25% H.A. + 25% H.G.)	55.8	31.600	6.780	1.130	5.000	79.600	22.380	1.040	55.600	45.020	1.379
T3 (35% H.A. + 35% H.G.)	49.7	31.200	5.780	1.108	5.400	80.100	23.120	0.916	55.400	45.020	1.396

El gráfico de araña o perfil radial generado por el Mixolab (Tabla 14) sintetiza en cinco dimensiones el comportamiento reológico y funcional de las mezclas de harina.

**Tabla 14.** Resultados gráficos Mixolab en tela de araña



En el perfil del Tratamiento T1 (15 % H.A. + 15 % H.G.), con un índice global de 2-51-253, muestra el perfil más balanceado y robusto entre los tres. Presenta los valores más altos en los ejes de Amasado y Gluten+Amilasas, lo que refleja una capacidad aceptable para formar una red proteica cohesiva y una actividad enzimática controlada, a pesar de la sustitución del 30 %. Su puntuación en Viscosidad también es destacable, indicando una buena capacidad de gelificación del almidón durante la cocción. La Absorción es alta, coherente con el dato numérico del 56.3 %, y la Retrogradación muestra un valor significativo, sugiriendo una tendencia media a la firmeza del almidón al enfriar. Este perfil sugiere que, a un 30 % de sustitución, la mezcla aún conserva muchas de las propiedades funcionales del trigo, probablemente manteniendo una buena trabajabilidad y estructura.

En cuanto al perfil del Tratamiento T2 (25 % H.A. + 25 % H.G.), el índice global para T2 es 2-41-153. Se observa una reducción generalizada en el área del gráfico en comparación con T1, especialmente notable en los parámetros de Gluten+Amilasas y Viscosidad. La caída en Gluten+Amilasas confirma el debilitamiento de la red de gluten y posiblemente un impacto en la actividad enzimática debido a la mayor dilución del trigo (50 % de sustitución total). La disminución en Viscosidad es coherente con la reducción del par C3 observado numéricamente, señalando una menor capacidad de espesamiento durante la fase de calentamiento. La Absorción se mantiene relativamente alta, pero el decremento en Amasado indica una masa menos tolerante. Este perfil evidencia las limitaciones tecnológicas que comienzan a ser más críticas a niveles de sustitución media-alta.

En base al perfil del Tratamiento T3 (35 % H.A. + 35 % H.G.), con un 70 % de sustitución total y un índice de 0-31-154, presenta el perfil más alterado y débil. Destaca catastróficamente el valor de 0 en el eje de Gluten+Amilasas. Esto no solo confirma la virtual ausencia de una red de gluten funcional, sino que también podría indicar una interferencia severa de las harinas sustitutas con las enzimas naturales de la harina. Los valores bajos en Amasado y Viscosidad refuerzan la idea de una masa con muy poca fuerza y una gelatinización muy limitada. Es interesante notar que el valor de Retrogradación en el índice (el tercer número, 154) es similar al de T2, lo que, junto con un posible repunte en la viscosidad en frío (Par C5), sugiere que los componentes no-

gluten de las harinas de amaranto y garbanzo (como fibras u otros polisacáridos) están dominando el comportamiento en la fase de enfriamiento, lo que podría generar una textura diferente en la galleta terminada.

#### 4.1.2.2. Análisis de gluten húmedo

La Tabla 15 muestra la verificación del supuesto de normalidad para la variable gluten húmedo, requisito previo para aplicar pruebas paramétricas como ANOVA.

**Tabla 15.** Análisis de supuestos gluten húmedo

Variable	Supuesto	P-valor	Cumplimiento	Prueba	P-valor
Gluten	Normalidad Shapiro-Wilks	>0.9999	Sí	ANOVA	< 0.0001

El parámetro de gluten húmedo cumplió con el supuesto de normalidad ( $p > 0.05$ ), lo que permitió aplicar ANOVA para comparar las mezclas evaluadas. El análisis evidenció diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el contenido de gluten húmedo entre las formulaciones, indicando que la sustitución parcial de harina de trigo por amaranto y garbanzo influyó de manera diferenciada en la formación y retención del gluten en las masas.

La Tabla 16 presenta los valores obtenidos de gluten húmedo en las tres mezclas formuladas con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por amaranto y garbanzo.

**Tabla 16.** Resultados de gluten húmedo para las mezclas

Parámetro	Mezclas		
	M1	M2	M3
Gluten (%)	20.47 ± 0.00 <sup>C</sup>	20.35 ± 0.00 <sup>B</sup>	19.85 ± 0.00 <sup>A</sup>

Los resultados muestran que la mezcla M1 presentó el mayor porcentaje de gluten húmedo con 20.47 %, seguida de M2 con 20.35 %, mientras que M3 registró el valor más bajo con 19.85 %. Esta disminución en el contenido de gluten se relaciona directamente con el incremento en la sustitución por harinas sin capacidad glutenínica, lo que reduce la disponibilidad de proteínas formadoras de gluten. En consecuencia, a medida que aumenta el reemplazo de harina de trigo, la red proteica se vuelve menos capaz de retener agua y formar una estructura cohesiva, evidenciando la influencia significativa de la sustitución en la reducción del gluten húmedo presente en las mezclas.

### 4.1.3. Análisis de las galletas

#### 4.1.3.1 Análisis fisicoquímicos de las galletas

La Tabla 17 presenta la verificación del supuesto de normalidad para los parámetros fisicoquímicos de las galletas, análisis preliminar que determinó la selección de las pruebas estadísticas paramétricas (ANOVA) o no paramétricas (Kruskal-Wallis) para la evaluación de diferencias significativas entre formulaciones.

**Tabla 17.** Análisis de supuestos en parámetros fisicoquímicos de las galletas

Variable	Supuesto	P-valor	Cumplimiento	Prueba	P-valor
Proteína	Normalidad Shapiro-Wilks	>0.9999	Sí	ANOVA	0.8962
Ceniza	Normalidad Shapiro-Wilks	0.5599	Sí	ANOVA	< 0.0001
Humedad	Normalidad Shapiro-Wilks	0.2711	Sí	ANOVA	0.0001
Grasa	Normalidad Shapiro-Wilks	0.2210	Sí	ANOVA	0.0002
pH	Normalidad Shapiro-Wilks	0.0310	No	Kruskal Wallis	0.0036

Los parámetros de ceniza, humedad y grasa cumplieron con el supuesto de normalidad ( $p > 0.05$ ), permitiendo la aplicación de ANOVA, el cual reveló diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en estos parámetros. Por el contrario, el contenido de pH no mostró distribución normal, requiriendo el uso de Kruskal-Wallis, que igualmente detectó diferencias significativas entre las formulaciones de galletas analizadas.

La Tabla 18 presenta los resultados del análisis fisicoquímico de las galletas elaboradas bajo las tres formulaciones diferentes.

**Tabla 18.** Resultados fisicoquímicos de las galletas

Parámetros	Galletas		
	T1	T2	T3
Proteína (%)	13.47 ± 2.0.E-3 <sup>C</sup>	13.67 ± 3.0E-3 <sup>B</sup>	14.61 ± 1.0E-3 <sup>A</sup>
Ceniza (%)	1.35 ± 0.07 <sup>C</sup>	1.65 ± 0.10 <sup>B</sup>	2.18 ± 0.02 <sup>A</sup>
Humedad (%)	7.16 ± 0.13 <sup>C</sup>	7.39 ± 0.08 <sup>B</sup>	8.18 ± 0.15 <sup>A</sup>
Grasa (%)	10.88 ± 0.41 <sup>C</sup>	12.13 ± 0.18 <sup>B</sup>	13.10 ± 0.19 <sup>A</sup>
pH	6.72 ± 0.02 <sup>C</sup>	6.77 ± 0.02 <sup>B</sup>	6.82 ± 0.03 <sup>A</sup>

**Nota.** Los resultados se presentan como media de las tres réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila para cada parámetro indican diferencia significativa.

Los resultados demostraron diferencias significativas en todos los parámetros evaluados entre los tres tratamientos. El tratamiento T3 registró los valores más altos en proteína (14.61), ceniza (2.18 %), humedad (8.18 %), grasa (13.10 %) y pH (6.82), seguido por el T2 y finalmente el T1 con los valores más bajos. La presencia de letras diferentes entre

tratamientos para cada parámetro confirma variaciones estadísticamente significativas en la composición fisicoquímica de las galletas según el tratamiento aplicado.

#### 4.1.3.2. Análisis texturales de las galletas

La Tabla 19 presenta los resultados del análisis de verificación del supuesto de normalidad para los parámetros de textura de las galletas, realizado mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Este análisis constituyó el paso preliminar esencial para justificar la aplicación posterior de pruebas paramétricas con el objetivo de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas.

**Tabla 19.** Análisis de supuestos en parámetros fisicoquímicos de las galletas

Variable	Supuesto	P-valor	Cumplimiento	Prueba	P-valor
Dureza C1	Normalidad Shapiro-Wilks	0.1749	Sí	ANOVA	< 0.0001
Fracturabilidad	Normalidad Shapiro-Wilks	0.1749	Sí	ANOVA	< 0.0001
Dureza C2	Normalidad Shapiro-Wilks	0.3948	Sí	ANOVA	< 0.0001
Masticabilidad	Normalidad Shapiro-Wilks	0.8372	Sí	ANOVA	0.0002

El análisis de normalidad confirmó que todos los parámetros texturales evaluados cumplieron con el supuesto de normalidad ( $p > 0.05$ ). El ANOVA demostró la existencia de diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos para cada una de las variables de textura analizadas.

La Tabla 20 presenta los resultados del análisis de textura mediante el perfil de textura (TPA) para las galletas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto (H.A.) y harina de garbanzo (H.G.).

**Tabla 20.** Resultados de textura de las galletas

Tratamiento	Dureza C1 (N)	Fracturabilidad (N)	Dureza C2 (N)	Masticabilidad (mJ)
T1 (15 % H.A. + 15 % H.G.)	32.31 ± 1.28 <sup>A</sup>	32.31 ± 1.28 <sup>A</sup>	11.24 ± 2.73 <sup>A</sup>	3.67 ± 1.20 <sup>A</sup>
T2 (25 % H.A. + 25 % H.G.)	53.05 ± 2.28 <sup>B</sup>	53.05 ± 2.28 <sup>B</sup>	25.88 ± 1.71 <sup>B</sup>	17.77 ± 1.01 <sup>B</sup>
T3 (35 % H.A. + 35 % H.G.)	68.09 ± 1.54 <sup>C</sup>	68.09 ± 1.54 <sup>C</sup>	33.87 ± 1.19 <sup>C</sup>	25.47 ± 4.48 <sup>C</sup>

**Nota.** Los resultados se presentan como media de tres réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna para cada parámetro indican diferencia significativa.

La dureza en la primera compresión (C1) y Fracturabilidad presenta un aumento progresivo en la dureza de las galletas conforme se incrementa el nivel de sustitución. El tratamiento T1 presentó un valor de 32.31 N, el T2 registró 53.05 N, y el T3 alcanzó el valor más alto, 68.09 N. Dado que la fracturabilidad coincide numéricamente con la dureza C1 en este tipo de producto, se concluye que las galletas se volvieron notablemente

más duras y quebradizas a medida que se reemplazó una mayor proporción de harina de trigo. Este endurecimiento se asocia principalmente con la reducción de la red de gluten, que en las formulaciones tradicionales confiere una textura más tierna, y con la contribución de proteínas y fibras de las harinas alternativas, las cuales tienden a formar estructuras más compactas y rígidas.

La dureza en la segunda compresión (C2), evalúa la firmeza residual de la galleta después de la primera fractura. El tratamiento T1 registró 11.24 N, el T2 presentó 25.88 N, y el T3 mostró un aumento considerable a 33.87 N. Estos resultados sugieren que, con una sustitución del 50 % (T2), la estructura interna puede volverse ligeramente más desmoronable tras la rotura inicial, mientras que con una sustitución del 70 % (T3), la masa adquiere una cohesividad tal que mantiene una firmeza significativa incluso después de fracturada.

La masticabilidad, representa la energía necesaria para masticar la galleta hasta prepararla para la deglución. Se observa un incremento exponencial con el nivel de sustitución: desde 3.67 mJ en T1, pasando a 17.77 mJ en T2, hasta alcanzar 25.47 mJ en T3. El aumento sustancial en masticabilidad es consecuencia directa de la mayor dureza y la formación de una miga más densa y menos elástica, lo que implica que las galletas con mayor contenido de harinas alternativas requerirán un esfuerzo de masticación considerablemente mayor.

#### 4.1.3.3. Análisis microbiológicos de las galletas

La Tabla 21 presenta los resultados del análisis microbiológico de las galletas elaboradas bajo los tres tratamientos, evaluando los parámetros de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, y coliformes totales.

**Tabla 21.** Resultados microbiológicos de las galletas

Requisito microbiológico	Galletas		
	T1	T2	T3
Aerobios mesófilos (UFC/g)	$4.3 \times 10^2$	$4.2 \times 10^2$	$3.9 \times 10^2$
Mohos y levaduras (UFC/g)	$< 1.0 \times 10N_E$	$< 1.0 \times 10N_E$	$1.4 \times 10^1$
Coliformes totales (UFC/g)	$< 1.0 \times 10N_E$	$< 1.0 \times 10N_E$	$< 1.0 \times 10N_E$

Los análisis microbiológicos mostraron recuentos de aerobios mesófilos similares entre tratamientos (T1:  $4.3 \times 10^2$  UFC/g, T2:  $4.2 \times 10^2$  UFC/g, T3:  $3.9 \times 10^2$  UFC/g). En mohos y

levaduras, los tratamientos T1 y T2 presentaron valores por debajo del límite de detección (<10 UFC/g), mientras que el T3 registró un recuento de  $1.4 \times 10^1$  UFC/g. Todos los tratamientos mostraron ausencia de coliformes totales por debajo del límite de detección, indicando condiciones microbiológicas aceptables en las galletas analizadas.

#### 4.1.3.4. Análisis sensorial de las galletas

La Tabla 22 presenta el análisis de verificación del supuesto de normalidad para los atributos sensoriales de las galletas, determinación que estableció la aplicación de pruebas no paramétricas para el análisis estadístico de los datos.

**Tabla 22.** Análisis de supuestos de la evaluación sensorial

Variable	Supuesto	P-valor	Cumplimiento	Prueba	P-valor
Color	Normalidad Shapiro-Wilks	< 0.0001	No	Kruskal Wallis	< 0.0001
Olor	Normalidad Shapiro-Wilks	< 0.0001	No	Kruskal Wallis	0.0097
Sabor	Normalidad Shapiro-Wilks	< 0.0001	No	Kruskal Wallis	0.0121
Textura	Normalidad Shapiro-Wilks	< 0.0001	No	Kruskal Wallis	0.0067
Aceptabilidad	Normalidad Shapiro-Wilks	< 0.0001	No	Kruskal Wallis	0.0142

Todos los atributos sensoriales evaluados (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad) mostraron una distribución no normal ( $p < 0.05$ ), por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados revelaron diferencias significativas en todos los atributos demostrando que los tratamientos aplicados generaron percepciones sensoriales significativamente diferentes entre las formulaciones de galletas evaluadas.

La Tabla 23 presenta los resultados de la evaluación sensorial de las galletas elaboradas bajo los tres tratamientos.

**Tabla 23.** Resultados de la evaluación sensorial de las galletas

Parámetros	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Mediana	Desviación estándar	Mediana	Desviación estándar	Mediana	Desviación estándar
Color	3 <sup>C</sup>	1.05	4 <sup>B</sup>	0.94	4 <sup>A</sup>	0.71
Olor	3 <sup>B</sup>	1.05	4 <sup>B</sup>	0.86	4 <sup>A</sup>	0.96
Sabor	4 <sup>B</sup>	1.13	4 <sup>B</sup>	0.88	4 <sup>A</sup>	0.94
Textura	3 <sup>B</sup>	1.19	3 <sup>AB</sup>	1.21	4 <sup>A</sup>	1.18
Aceptabilidad	4 <sup>B</sup>	1.01	4 <sup>B</sup>	0.78	4 <sup>A</sup>	0.86

**Nota.** Los resultados se presentan como media de las 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila para cada parámetro indican diferencia significativa.

El análisis sensorial determinó que el tratamiento T3 (35 % harina de amaranto + 35 % harina de garbanzo + 30 % harina de trigo) fue el mejor evaluado, mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en todos los atributos evaluados. En los parámetros de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general, el T3 obtuvo las puntuaciones más altas (4<sup>A</sup>), diferenciándose significativamente del T1 y T2. Estos resultados demuestran que la formulación generó el perfil sensorial más equilibrado y preferido por los jueces.

## **4.2. DISCUSIÓN**

### **4.2.1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima (harina de garbanzo y harina de amaranto)**

La caracterización fisicoquímica de las harinas demostró que la harina de amaranto (HA) y la harina de garbanzo (HG) son significativamente superiores a la harina de trigo en términos de nutrientes clave. El contenido de proteína en la harina de amaranto (18.18 %) y en la harina de garbanzo (16.79 %) supera el requisito mínimo de proteína para la harina de trigo para galletas (7 %) según la NTE INEN 616 (2015). Este hallazgo reafirma el papel crucial de ambos ingredientes como agentes de enriquecimiento proteico, lo cual es la base de la hipótesis de la investigación. El valor proteico del garbanzo fue inferior al reportado por Fernández (2024) quien obtuvo 19.1 %, y el del amaranto fue superior al de Liu y Chen (2023) con 13.56 %, demostrando que la materia prima local utilizada es rica en proteínas.

El alto contenido de ceniza en HA (4.85 %) y HG (3.73 %) también es un indicador de su riqueza mineral y contenido de fibra, aunque es notablemente superior al máximo permitido para la harina de trigo usada en galletas (0.8 %) según la NTE INEN 616 (2015). Si bien esto modifica las propiedades reológicas, se considera positivo en el contexto de un alimento funcional, ya que aumenta el aporte nutricional de la galleta. Además, respecto al contenido de humedad (9.03 % en HA y 8.46 % en HG) ambos valores son estables y inferiores al máximo del 14.5 % de la normativa.

La baja acidez de la harina de garbanzo (0.02 %) cumple ampliamente con el requisito máximo de 0.2 % establecido por la NTE INEN 616, lo que indica una materia prima fresca y estable. La ligeramente mayor acidez en HA (0.06 %) es mínima y no representa un

riesgo de rancidez. En cuanto a contenido de grasa (6.23 % en HA y 4.53 % en HG) HA es significativamente mayor, siendo comparable al 5.93 % reportado por Liu y Chen (2023). Este alto contenido lipídico es beneficioso, ya que actúa como agente ablandador en la masa (acortamiento), compensando la pérdida de la plasticidad del gluten.

## **4.2.2. Análisis de las mezclas de harina**

### **4.2.2.1. Pruebas reológicas**

El Mixolab es una herramienta indispensable que mapea el comportamiento viscoelástico y térmico de la masa a lo largo de un ciclo dual de amasado y calentamiento, siendo crucial para entender la funcionalidad de sistemas complejos como las mezclas bajas en gluten. La progresión desde T1 (30 % sustitución) hasta T3 (70 % sustitución) evidencia una pérdida progresiva y crítica de las propiedades panificables de la masa a base de harina de trigo.

La absorción de agua mostró una clara tendencia descendente, de 56.3 % en T1 a 49.7 % en T3. Este es el primer indicador del debilitamiento estructural de la masa, ya que la dilución de la gliadina y glutenina, proteínas esenciales para la captación de agua, anula la capacidad de hidratación de la mezcla (Pérez, 2022) . La menor absorción en T3 se diferencia de las expectativas de alta absorción de agua que individualmente tendrían las harinas ricas en fibra (HA y HG), demostrando que el efecto de dilución del gluten es el factor dominante en la reología del mezclado.

El tiempo C1 (pico de desarrollo de la masa) y la Estabilidad de la masa se vieron gravemente comprometidos. La estabilidad cayó de 9.8 min en T1 a 5.4 min en T3. Esta caída reafirma el conocimiento fundamental de la reología: sin una red de gluten funcional, la matriz proteica se rompe rápidamente bajo el esfuerzo mecánico. Esta inestabilidad es la consecuencia funcional de la disminución del gluten húmedo medido en la mezcla M3 (19.85 %) y se relaciona directamente con el debilitamiento de la masa reportado por Morales et al. (2017). La implicación tecnológica es que las masas con alta sustitución (T3) son intrínsecamente inmanejables y requieren un procesamiento inmediato, siendo adecuadas solo para productos de baja hidratación como galletas o cookies que no dependen de la estructura de la masa.

Las fases bajo calentamiento reflejan el impacto de la sustitución sobre el almidón de trigo. El Par C3 (máximo de viscosidad durante la cocción) disminuyó significativamente de 1.291 Nm en T1 a 0.916 Nm en T3. Esta reducción indica una menor capacidad de gelatinización debido a la baja concentración de almidón de trigo disponible. El Par C3 está directamente relacionado con la viscosidad en caliente y es un predictor de la capacidad de espesamiento y volumen de la galleta.

La Fase C5, que mide la retrogradación y la consistencia final del gel, es el punto de mayor interés reológico para la textura final de la galleta. El Par C5 (T3: 1.396 Nm), aunque no sigue una pendiente de aumento uniforme respecto a la sustitución (T1: 1.478 Nm, T2: 1.379 Nm), se mantiene en un nivel elevado. Más revelador es el índice final del Mixolab para T3: 0-31-154. El valor de 0 respecto a absorción es una declaración reológica de la ausencia funcional de la red de trigo debido al debilitamiento de la misma. Sin embargo, la persistencia de un alto valor de Par C5 y el índice de retrogradación (154) implica que la matriz final de la galleta se está estructurando a través de un mecanismo completamente diferente, ya sea el entrecruzamiento y gelificación de las proteínas y polisacáridos de las mezclas de harina.

Esta estructuración no-gluten es la causa directa de la dureza extrema (68.09 N) y la alta masticabilidad (25.47 mJ) observadas en T3. Este hallazgo amplía el conocimiento reológico al demostrar que la retrogradación en sistemas de alta sustitución no se comporta linealmente como en mezclas de trigo diluido, sino que se ve dominada por la matriz alternativa de las harinas de amaranto y garbanzo.

#### **4.2.2.2. Análisis de gluten húmedo**

El contenido de gluten húmedo se correlacionó inversamente con el porcentaje de sustitución de harina de trigo, confirmando el efecto buscado por la investigación. Los resultados mostraron una disminución progresiva desde el 20.47 % en la mezcla M1 (15 % HA y 15 % HG) hasta el 19.85 % en la mezcla M3 (35 % HA y 35 % HG). Esta reducción es una consecuencia directa de la incorporación de harinas libres de gluten (amaranto y garbanzo), lo que diluye la proporción de gliadina y glutenina disponibles para formar la red cohesiva. Además, los estudios de Carrillo (2020) sobre harinas de trigo han arrojado porcentajes de gluten húmedo que varían entre el 30 al 32 %, donde la reducción

efectiva de gluten en el M3 es un éxito tecnológico, ya que facilita el cumplimiento del requisito de "baja en gluten", es inferior al 20 % mínimo requerido para la harina de trigo destinada a pastelería y galletería según la NTE INEN 616 (2015), y se alinea con las demandas de productos aptos para personas con sensibilidad al gluten.

### **4.2.3. Análisis de las galletas**

#### **4.2.3.1 Análisis fisicoquímicos**

El análisis de la composición fisicoquímica de las galletas reveló una relación directa y positiva entre el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto y garbanzo. El contenido de proteína mostró un incremento significativo y progresivo, ascendiendo desde un 13.47 % en T1 hasta alcanzar un máximo de 14.61 % en T3 (70 % de sustitución). Este resultado no solo demuestra la eficacia de las harinas de amaranto y garbanzo como fuentes proteicas concentradas, sino que supera ampliamente el requisito mínimo del 3.0 % establecido por la NTE INEN 2085 (2005) para galletas. Además, este valor es nutricionalmente superior a los hallazgos reportados en investigaciones similares, como el 11.88 % obtenido por Cruz et al. (2024) en su mejor formulación con garbanzo y maíz, y el 10.12 % reportado por Mera et al. (2020) en galletas con amaranto y quinua. La obtención de un producto con casi cinco veces el mínimo de proteína exigido por la norma valida tecnológicamente la formulación T3 como un alimento de alto valor biológico.

En cuanto al parámetro de humedad, los resultados presentaron un aumento desde el 7.16 % en T1 hasta el 8.18 % en T3, valores que, si bien cumplen con el límite máximo del 10.0 % permitido por la NTE INEN 2085 (2005), son considerablemente más altos que los reportados en la literatura, como el 2.94 % de Carrillo (2020) y el 2.64 % de Mera et al. (2020). Esta diferencia sustancial se atribuye a la alta capacidad de retención de agua (CRA) de las proteínas globulares y la fibra presentes en el amaranto y el garbanzo, las cuales atrapan más humedad en la matriz durante la cocción. Aunque estar dentro de la norma garantiza la legalidad del producto, este nivel de humedad implica un riesgo tecnológico potencial relacionado con la actividad de agua, lo que podría reducir la vida útil de la textura crocante si no se gestiona adecuadamente el envasado, a diferencia de las galletas más secas de los antecedentes citados.

El contenido de ceniza y grasa también se vio favorecido por la sustitución, alcanzando en el T3 valores de 2.18 % y 13.10 % respectivamente. El incremento en cenizas es un indicador directo de la riqueza mineral (calcio, hierro, fósforo) aportada por las harinas integrales de amaranto y garbanzo, superando la mineralización típica de una galleta de trigo refinada. Por su parte, el aumento en el contenido graso es beneficioso, ya que los lípidos del amaranto y garbanzo actúan como agentes de acortamiento, ayudando a lubricar la masa y compensar parcialmente la dureza generada por la falta de gluten. Finalmente, el pH de las galletas se mantuvo en un rango estable, ascendiendo levemente a 6.82 en el T3, un valor que se encuentra perfectamente dentro del rango permitido de 5.5 a 9.5 por la NTE INEN 2085 (2005) , asegurando que la alta sustitución no altera la acidez del producto a niveles que afecten la percepción sensorial o la estabilidad química.

#### **4.2.3.2. Análisis texturales**

El análisis del perfil de textura (TPA) evidenció una transformación radical en la microestructura de la galleta inducida por la sustitución de harina de trigo. Los parámetros de Dureza C1 y Fracturabilidad mostraron un incremento lineal y significativo con el aumento de la proporción de harinas alternativas, pasando de 32.31 N en el T1 a un máximo de 68.09 N en el T3. Este endurecimiento extremo se explica por la dilución de la red de gluten, la cual, en una formulación tradicional, es responsable de retener aire y formar una miga alveolar y tierna. Al reducir el gluten y aumentar la carga de proteínas globulares y fibra dietética provenientes del amaranto y el garbanzo, se favoreció la formación de una estructura más compacta y densa, con menor volumen específico y, por ende, mayor resistencia a la deformación mecánica.

Al contrastar estos resultados con la literatura científica, se observa que la dureza obtenida en el T3 (68.09 N) es sustancialmente superior a los valores reportados en estudios análogos. Por ejemplo, es casi diez veces mayor que la dureza de 6.92 N reportada por Felisiak et al. (2024) en galletas shortbread con garbanzo, y significativamente superior a los 10.07 N encontrados por Toaquiza (2012) en galletas con amaranto. Esta discrepancia cuantitativa sugiere que la mezcla binaria de amaranto y garbanzo al 70 % genera una sinergia estructural que potencia la rigidez de la matriz mucho más que el uso individual de estas harinas. Tecnológicamente, esto implica que

las proteínas del amaranto y garbanzo participaron activamente en la formación de una red tridimensional rígida durante el horneado, que compensó la falta de gluten.

El parámetro de masticabilidad (energía requerida para desintegrar el alimento) experimentó un aumento, alcanzando los 25.47 mJ en el T3, en contraste con los 3.67 mJ del T1. Este resultado, podría considerarse un atributo negativo, indicativo de una textura excesivamente dura o difícil de masticar. Sin embargo, al integrar este hallazgo con la evaluación sensorial, reveló que la alta fracturabilidad (coincidente con la dureza en 68.09 N) no fue percibida por los consumidores como dureza desagradable, sino como una crocancia o firmeza deseable. Este fenómeno se alinea con las observaciones de Cruz et al. (2024), quienes notaron que una mayor firmeza puede correlacionarse con una percepción positiva de textura crujiente en galletas tipo soda o integrales.

En consecuencia, los resultados texturales validan la hipótesis de que la sustitución con amaranto y garbanzo modifica la estructura de la galleta hacia una matriz de alta densidad. Lejos de ser un defecto, esta característica, evidenciada por la alta Dureza C2 (33.87 N en T3), confiere al producto una integridad estructural superior que minimiza las roturas durante el transporte y manipulación, y proporciona una experiencia sensorial de chasquido o crocancia característica de ciertas galletas, diferenciándose de la textura friable y arenosa que a menudo presentan los productos libres de gluten comerciales.

#### **4.2.3.4. Análisis microbiológico**

El aseguramiento de la calidad microbiológica es un requisito no negociable para la viabilidad comercial de cualquier producto alimenticio. Los resultados obtenidos en el recuento de aerobios mesófilos demostraron que todos los tratamientos se encuentran en condiciones óptimas de higiene, registrando valores entre  $3.9 \times 10^2$  UFC/g (T3) y  $4.3 \times 10^2$  UFC/g (T1). Estos valores son significativamente inferiores al límite mínimo aceptable de  $1.0 \times 10^3$  UFC/g establecido por la NTE INEN 2085 (2005), lo que garantiza la inocuidad del producto final. Al contrastar estos hallazgos con la literatura, se observa que la carga microbiana de las galletas desarrolladas es inferior a la reportada por Mera et al. (2020), quienes obtuvieron recuentos de  $1.2 \times 10^3$  UFC/g en galletas con quinua y amaranto. Esta baja carga bacteriana valida la efectividad del

tratamiento térmico aplicado durante el horneado (180 °C) y la correcta implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) durante la manipulación y envasado de las harinas.

En relación con el indicador de deterioro fúngico, el análisis de mohos y levaduras reveló un comportamiento diferenciado en el T3, mientras que T1 y T2 mostraron valores por debajo del límite de detección ( $< 1.0 \times 10^2$  UFC/g), el T3 presentó un recuento detectable de  $1.4 \times 10^1$  UFC/g. Aunque este valor cumple holgadamente con el requisito de la normativa, que permite hasta  $2.0 \times 10^2$  UFC/g como límite máximo, la presencia detectable de mohos en el T3 es una consecuencia tecnológica directa de su mayor humedad (8.18 %). La ausencia de coliformes totales ( $< 1.0 \times 10^2$  UFC/g), en todas las formulaciones ratifica la ausencia de contaminación fecal, asegurando la inocuidad sanitaria del alimento.

Los resultados microbiológicos confirman que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto y garbanzo no compromete la estabilidad biológica del producto, siempre que se mantengan condiciones de barrera contra la humedad en el empaque, y se trabaje con Buenas Prácticas de Manipulación.

#### **4.2.3.4. Análisis sensorial**

La evaluación sensorial, realizada mediante una escala hedónica de 5 puntos, constituyó la prueba definitiva para validar la viabilidad comercial de las formulaciones desarrolladas. El tratamiento T3 (35 % de harina de amaranto y 35 % de harina de garbanzo) obtuvo la mayor puntuación en Aceptabilidad General con una mediana de  $4 \pm 0.86$  ("Me gusta"), diferenciándose significativamente del T1 ( $4 \pm 1.01$ ) y el T2 ( $4 \pm 0.78$ ). Este hallazgo es de gran impacto, pues demuestra que una sustitución masiva del 70 % no solo es tolerada, sino preferida por el consumidor frente a formulaciones con mayor contenido de trigo. Esto concuerda con lo reportado por Felisiak et al. (2024) , quienes encontraron que la incorporación de harina de garbanzo en galletas *shortbread* mantenía un perfil agradable, y supera la aceptación reportada por Morales et al. (2017) en galletas donde la preferencia disminuía al superar el 25 % de sustitución con amaranto, sugiriendo que la mezcla binaria (amaranto-garbanzo) genera un equilibrio de sabores superior al uso individual de estas harinas.

En cuanto a los atributos de color y olor, el T3 alcanzó las valoraciones más altas, con medianas de  $4 \pm 0.71$  y  $4 \pm 0.96$  respectivamente. El color más oscuro del T3, producto de la reacción de Maillard intensificada por el alto contenido de proteínas del amaranto y el garbanzo, fue percibido positivamente, posiblemente asociándolo con productos integrales o artesanales de mayor valor nutricional. Respecto al sabor, el T3 lideró con un puntaje de  $4 \pm 0.94$ , lo que indica que las notas a nuez y leguminosa características de las materias primas no fueron rechazadas, sino que aportaron una complejidad gustativa apreciada. Esto ratifica la observación de Dogruer et al. (2023), quienes indicaron que la combinación de leguminosas puede mejorar la aceptabilidad general al enmascarar sabores individuales demasiado intensos.

En el análisis de la textura, a pesar de que el análisis instrumental determinó que la galleta T3 era la más dura (68.09 N), sensorialmente fue la mejor calificada con una mediana de  $4 \pm 1.18$ . Por el contrario, el T2 obtuvo la calificación más baja ( $3 \pm 1.21$ ). Esto reveló que el dato instrumental y la percepción humana en la dureza extrema medida por el texturómetro fue interpretada por los jueces como una crocancia o firmeza deseable, característica de una galleta. Este fenómeno valida la hipótesis planteada por Cruz et al. (2024), donde la textura crujiente es un atributo positivo en galletas sustituidas.

Finalmente, esta investigación se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Contribuye al ODS 3 (Salud y Bienestar) al desarrollar un producto con 14.61 % de proteínas, combatiendo la malnutrición y ofreciendo alternativas saludables para personas con sensibilidad al gluten. Aporta al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) mediante la innovación en el procesamiento de materias primas no tradicionales (amaranto y garbanzo), fomentando la agroindustria local y la diversificación de la matriz productiva. Asimismo, responde al ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) al valorizar cultivos andinos y locales, promoviendo el uso eficiente de recursos naturales y reduciendo la dependencia de la importación de trigo, lo cual favorece la soberanía alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas de producción.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) en una proporción de 70 % (Tratamiento T3) es altamente efectiva para elaborar una galleta de bajo contenido de gluten, con características fisicoquímicas dentro de lo normativa y alta aceptabilidad sensorial.
- Los análisis fisicoquímicos iniciales demostraron que la harina de amaranto (18.18 %) y la harina de garbanzo (16.79 %) son materias primas con un alto contenido proteico. El análisis reológico mediante Mixolab reveló que la mezcla T3, con 70 % de sustitución, exhibió un colapso de la funcionalidad de la masa, con una estabilidad de solo 5.4 min y una baja absorción de agua del 49.7 %. Esto se debe a la dilución del gluten, lo que genera una masa intrínsecamente inmanejable para panificación, pero viable para galletería. No obstante, el contenido de gluten húmedo en la mezcla M3 (19.85 %) confirmó que la estrategia de sustitución logró reducir el gluten por debajo del 20 % mínimo requerido para harinas de galletería, cumpliendo con el requisito de ser una formulación baja en gluten.
- Los parámetros fisicoquímicos del Tratamiento T3 revelaron un enriquecimiento nutricional sobresaliente que supera los requisitos de la NTE INEN 2085:2005. El contenido de proteína (14.61 %) es más de cuatro veces superior al mínimo normado (3 %), y el alto contenido de ceniza (2.18 %) confirma el elevado aporte mineral de las harinas no tradicionales. Aunque la humedad del T3 (8.18 %) cumple con el límite máximo de 10 %, este valor es considerablemente alto en comparación con los antecedentes, lo que representa un riesgo potencial para la estabilidad textural a largo plazo. A nivel textural, el T3 mostró una Dureza C1 de 68.09 N y una Masticabilidad de 25.47 mJ, resultado del termoendurecimiento de las proteínas que no contienen gluten. Finalmente, el análisis microbiológico

confirmó que todos los tratamientos, cumplen con los requisitos de la NTE INEN 2085, manteniendo una baja carga microbiana y asegurando la inocuidad alimentaria.

- El Tratamiento T3 fue el más aceptado en todos los atributos sensoriales. Obtuvo la mayor puntuación en aceptabilidad general (mediana de 4), la textura del T3 fue la más aceptada (mediana de 4), lo que indica que la extrema dureza instrumental se tradujo en una percepción de crocancia deseable, en sabor (mediana de 4) confirma que la sinergia de las harinas de amaranto y garbanzo generó un perfil organoléptico equilibrado.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Para mejorar la trabajabilidad de la masa durante el procesamiento, se sugiere la incorporación de hidrocoloides como la goma xantana o grasas que posean un mayor contenido de ácido esteárico o el uso de aceite vegetal en bajas concentraciones, las cuales pueden simular la viscosidad y capacidad ligante perdidas tras la dilución del gluten.
- Se recomienda desarrollar una nueva etapa experimental sustituyendo totalmente la harina de trigo, utilizando la mezcla optimizada (HA y HG) en combinación con almidones como el de yuca o papa. Estos almidones actúan como agentes ligantes inertes, proporcionando la estructura necesaria en ausencia total de gluten.
- Se recomienda evaluar el potencial de revalorización de harina de amaranto y garbanzo en otros subproductos de panificación y pastas.
- Se sugiere analizar un estudio de costos y viabilidad económica. Esto es esencial para demostrar la capacidad de la agroindustria local para producir la galleta de manera rentable, facilitando la transferencia de tecnología y contribuyendo al ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura).

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, R. (junio de 2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022*. Repositorio Universidad Nacional Agraria: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02a367.pdf>
- Carrillo, M. (2020). *Evaluación de la calidad bromatológica y sensorial de galletas con sustitución parcial de harina de trigo (Triticum spp) por amaranto (Amaranthus spp)*. Repositorio UTEQ: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/053fb3fd-f012-430a-9abc-677a852f49f3/content>
- Cruz, A., Villajulca, J., y Guillén, J. (2024). Galletas tipo soda elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz nixtamalizado y garbanzo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 74(1), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.37527/2024.74.1.001>
- De la Cruz, D., y Rojas, G. (2020). *Calidad sensorial, composición nutricional y calidad proteica de galletas enriquecidas con hierro y proteína aislada de soya*. Repositorio Universidad Nacional del Centro del Perú: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7133>
- Dogruer, I., Baser, F., Gulec, S., Tokatli, F., y Ozen, B. (2023). Formulation of Gluten-Free Cookies Utilizing Chickpea, Carob, and Hazelnut Flours through Mixture Design. *Foods*, 12(19), 36-89. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12193689>
- Echeverría, A., Triana, A., Rivero, D., Rodríguez, A., y Martínez, B. (2019). Generalidades del cultivo de garbanzo y alternativa biológica para el control de la marchitez. *Revista Cultivos Tropicales*, 40(4). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n4/1819-4087-ctr-40-04-e10.pdf>
- Felisiak, K., Przybylska, S., Tokarczyk, G., Tabaszewska, M., Słupski, J., y Wydurska, J. (2024). Effect of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour Incorporation on Quality, Antioxidant Properties, and Bioactive Compounds of Shortbread Cookies. *Foods*, 13(15), 1-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13152356>

- Fernández, J. (2024). *Harina de arroz (Oryza sativa), Garbanzo (Cicer arietinum), Sorgo (Sorghum vulgare) como sustitutos de trigo en la industria panificadora*. Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo: <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16286/E-UTB-FACIAG-%20AGROINDUSTRIA-000006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gaibor, F., Torres, J., y Yépez, L. (2016). Valor nutricional de las galletas a base de Amaranto y Quinoa asociado a la aceptabilidad microbiológica. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/12/galletas.html>
- García, E., y Fernández, I. (2014). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl*. Yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/view/25234937/determinacion-de-proteinas>
- Guardianelli, L. (2022). *Mejora nutricional de harinas de amaranto y quinoa*. Repositorio Institucional de la UNLP: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/135132>
- Hoyos, S., García, S., Rodríguez, J., y Praena, M. (2020). Características nutricionales y composición de las galletas disponibles en el mercado español y de las galletas dirigidas a la población infantil. *Rev Pediatr Aten Primaria*, 22(86), 141-150. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322020000300004#aff1](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322020000300004#aff1)
- Jiménez, C., y Landa, Y. (2018). *Propiedades nutricionales y funcionales de las distintas harinas utilizadas para la elaboración de un pan de alto valor nutricional*. Repositorio Universidad Estatal de Milagro: <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4235/3/PROPIEDADES%20NUTRICIONALES%20Y%20FUNCIONALES%20DE%20LAS%20DISTINTAS%20HARINAS%20UTILIZADAS%20EN%20LA%20ELABORACION%20DE%20UN%20PAN%20DE%20ALTO%20VALOR%20NUTRICIONAL.pdf>
- Laura - Escuela de tartas. (2017). *La harina: todo lo que debes saber*. Escuela de tartas: <https://escueladetartas.com/blog/la-harina-todo-lo-que-debes-saber/>
- Liu, S., y Chen, D. (2023). Novel Gluten-Free Amaranth and Oat Flour Cookies Fortified with Soybean Hulls. *Food and Nutrition Sciences*, 14(8), 699-719. <https://doi.org/10.4236/fns.2023.148046>
- Llerena, Á. (2021). Comportamiento agronómico del garbanzo en el sector de El Limoncito, Ecuador. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 961-968. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2775>

- Mansano, M., Wobeto, J., Rampim, L., Rosset, J., Bassegio, D., da Costa, P., y Mitio, A. (2017). Wheat phenology and yield under drought: A review. *Australian Journal of Crop Science*, 11(8), 941-946. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.08.pne351>
- Mera, M., Parraga, C., Muñoz, P., y Verduga, C. (2020). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum spp.*) por harina de amaranto (*Amaranthus spp.*) y quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Galletas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 30(1), 56-60. <https://revcitecal.iiiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/91>
- Montenegro, D. (2012). *Respuesta agronómica de trece líneas y dos variedades de trigo rojo (Triticum vulgare L.), en la parroquia La paz, provincia del Carchi*. Repositorio Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2126/2/TESIS%201.pdf>
- Morales, V., Espitia, E., Martínez, E., y Rosas, M. (2017). Evaluación de Formulaciones de Harina de Trigo con Harina de Amaranto para Galleta. *Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico*, 4(12), 1-7. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Analisis\\_Cuantitativo\\_y\\_Estadistico/vol4num12/Revista\\_de\\_An%C3%A1lisis\\_Cuantitativo\\_y\\_Estad%C3%ADstico\\_V4\\_N12\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Analisis_Cuantitativo_y_Estadistico/vol4num12/Revista_de_An%C3%A1lisis_Cuantitativo_y_Estad%C3%ADstico_V4_N12_1.pdf)
- Moscoso, F., y Quera, R. (2015). Enfermedad celíaca: revisión. *Revista Médica de Clínica Las Condes*, 26(5), 613-627. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2015.09.007>
- Nazate, L. (2019). *Influencia de la harina de papa Solanum tuberosum y harina de garbanzo Cicer arietinum sobre las características estructurales y sensoriales de un pan bajo en gluten*. Repositorio Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9161/1/03%20EIA%20479%20T RABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- NTE INEN 2085. (2005). *Galletas. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://studylib.es/doc/6883683/nte-inen-2085--galletas.-requisitos>
- NTE INEN 616. (2015). *Harina de trigo. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://studylib.es/doc/5531663/nte-inen-0616--harina-de-trigo.-requisitos>
- Ortiz, J. (2019). *Utilización de garbanzo (Cicer arietinum L.) y muña (Minthostachys mollis) para la elaboración de una bebida funcional*. Repositorio Universidad Nacional de Chimborazo: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6092/1/UTILIZACI%C3%93N%20DE%20GARBANZO%20Y%20MU%C3%91A%20PARA%20LA%20ELABORACI%C3%93N%20DE%20UNA%20BEBIDA%20FUNCIONAL.pdf>

- Pérez, C. (2022). *Celiaquía, intolerancia y alergia al gluten: diferencias principales*. Natursan: <https://natursan.net/celiaquia-intolerancia-y-alergia-al-gluten-diferencias-principales/#:~:text=Descubre%20las%20principales%20diferencias%20entre%20la%20celiaqu%C3%ADa%20la,as%C3%AD%20como%20los%20s%C3%ADntomas%20que%20causa%20cada%20una.>
- Recetas Nestlé. (31 de Marzo de 2022). *Cuáles son los tipos de harina que existen*. Recetas Nestlé: <https://www.recetasnestle.cl/la-cocina-nestle/coccion-y-tecnica/tipos-de-harina>
- Rotimatic. (19 de december de 2024). *Barley Flour: Nutritional Value, Facts, Health Benefits & Uses*. Rotimatic: <https://rotimatic.com/blogs/food-health/barley-flour>
- Soto, E., Mora, S., y Caballero, L. (2023). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer Arietinum L*) en las características sensoriales de una galleta dulce. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 14(1), 39-54. <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2747>
- Suquillo, C. (mayo de 2018). *Evaluación del efecto de microgravedad simulada sobre la obtención de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y amaranto (*Amaranthus caudatus L.*)*. Repositorio Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19407/1/CD-8796.pdf>
- Toaquiza, N. (2012). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de amaranto INIAP-Alegría (*Amaranthus caudatus*) y panela*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7b2c6052-e4fa-4b7b-bdb7-306858b29bcb/content>
- Totoy, M. (2022). *Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza B.*) y la aplicación de pigmentos de ají (*Capsicum frutescens L.*) en la elaboración de pan tipo molde*". Repositorio Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TOTOY%20IZA%20MILTON%20ROLANDO.pdf>
- Vegaffinity. (2018). *Harina de centeno integral: Beneficios e Información Nutricional*. Vegaffinity: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/harina-de-centeno-integral-beneficios-informacion-nutricional--f1254>
- Vegaffinity. (2018). *Harina de maíz: Beneficios e Información Nutricional*. Vegaffinity: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/harina-de-maiz-beneficios-informacion-nutricional--f145>





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

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

**Autor:** POZO ALVEAR LESLIE JOSSELINE

**Fecha de recepción del abstract:** Jueves, 11 de diciembre de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Martes, 16 de diciembre de 2025

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

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

**Observaciones:**

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

Atentamente



MA. Martha Viveros  
Responsable del  
CIDEN

## Anexo 2. Obtención de las harinas, análisis fisicoquímicos y análisis reológicos



**Figura 4.** Recepción de los granos de garbanzo y amaranto



**Figura 5.** Deshidratado de los granos 80-85 °C por 20 min



**Figura 6.** Molienda de los granos en molino de martillos



**Figura 7.** Tamizado de las harinas obtenidas



**Figura 8.** Almacenamiento de la harina de amaranto



**Figura 9.** Almacenamiento de la harina de garbanzo



**Figura 10.** Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h, análisis de ceniza



**Figura 11.** Peso del crisol vacío



**Figura 12.** Peso de las harinas de garbanzo y amaranto (3 a 5 g)



**Figura 13.** Peso con la muestra



**Figura 14.** Calcinación de la muestra



**Figura 15.** Obtención de cenizas en mufla a 550 °C por 2 h



**Figura 16.** Resultado de las cenizas



**Figura 17.** Enfriar la muestra con cenizas



**Figura 18.** Pesar las cenizas de la muestra



**Figura 19.** Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h



**Figura 20.** Peso del crisol vacío



**Figura 21.** Peso de las harinas de garbanzo y amaranto (3 a 5 g)



**Figura 22.** Peso con la muestra



**Figura 23.** Determinación de humedad en estufa a 130 °C por 4 h



**Figura 24.** Enfriar la muestra después de sacar de la estufa



**Figura 25.** Después de enfriar se pesa la muestra por segunda vez



**Figura 26.** Pesar 3 g de harina en papel filtro Whatman No-1



**Figura 27.** Introducir la muestra al dedal de celulosa y colocar el dedal en el equipo Soxhlet



**Figura 28.** Llevar a peso constante los vasos de extracción 130 °C por 10 min



**Figura 29.** Enfriar el vaso de extracción en el desecador



**Figura 30.** Pesar los vasos de extracción



**Figura 31.** Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción



**Figura 32.** Precalear el equipo a 140 °C y colocar los dedos en inmersión por 3 h. Pasar a la posición de lavado por 1 h, y recuperación 37 min.



**Figura 33.** Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h



**Figura 34.** Retirar los vasos y dejar enfriar



**Figura 35.** Pesar los vasos con el extracto



**Figura 36.** Preparación de la muestra para análisis de acidez titulable



**Figura 37.** Acidez titulable en las muestras de harina

**Anexo 3.** Elaboración de las galletas, análisis fisicoquímicos, microbiológicos y reológicos



**Figura 38.** Mezcla de harina T1 (HT: 70 %, HA: 15 %, HG:15 %)



**Figura 39.** Mezcla de harina T2 (HT: 50 %, HA: 25 %, HG:25 %)



**Figura 40.** Mezcla de harina T3 (HT: 30 %, HA: 35 %, HG:35 %)



**Figura 41.** Cremado de la mantequilla con el azúcar T1



**Figura 42.** Cremado de la mantequilla con el azúcar T2



**Figura 43.** Cremado de la mantequilla con el azúcar T3



**Figura 44.** Masa para galletas T1



**Figura 45.** Masa par galletas T2



**Figura 46.** Masa para galletas T3



**Figura 47.** Galletas T1



**Figura 48.** Galletas T2



**Figura 49.** Galletas T3



**Figura 50.** Lleva a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h



**Figura 51.** Peso del crisol vacío



**Figura 52.** Peso de la muestra molida de galleta



**Figura 53.** Peso con la muestra



**Figura 54.** Calcinación de la muestra



**Figura 55.** Obtención de cenizas en mufla a 550 °C por 2 h



**Figura 56.** Resultado de las cenizas



**Figura 57.** Enfriar la muestra con cenizas



**Figura 58.** Pesar las cenizas de la muestra



**Figura 59.** Llevar a peso constante los crisoles 130 °C por 1 h



**Figura 60.** Peso del crisol vacío



**Figura 61.** Peso de la muestra molida de la galleta



**Figura 62.** Peso con la muestra



**Figura 63.** Determinación de humedad en estufa a 130 °C por 4 h



**Figura 64.** Después de enfriar se pesa la muestra por segunda vez



**Figura 65.** Moler la muestra hasta que quede fina



**Figura 66.** Pesar 3 g de la muestra molida en papel filtro Whatman No-1



**Figura 67.** Llevar a peso constante los vasos de extracción 130 °C por 10 min



**Figura 68.** Enfriar el vaso de extracción en el desecador



**Figura 69.** Pesar los vasos de extracción



**Figura 70.** Pesar 60 mL de hexano y colocar al vaso de extracción



**Figura 71.** Precalear el equipo a 140 °C y colocar los dedales en inmersión por 3 h.



**Figura 72.** Secar los vasos de extracción en la estufa a 105 °C por 2 h



**Figura 73.** Retirar los vasos y dejar enfriar, luego pesar los vaso con el extracto



**Figura 74.** Lectura de pH T1



**Figura 75.** Lectura de pH T2



**Figura 76.** Lectura de pH T1



**Figura 77.** Inoculación de las muestras

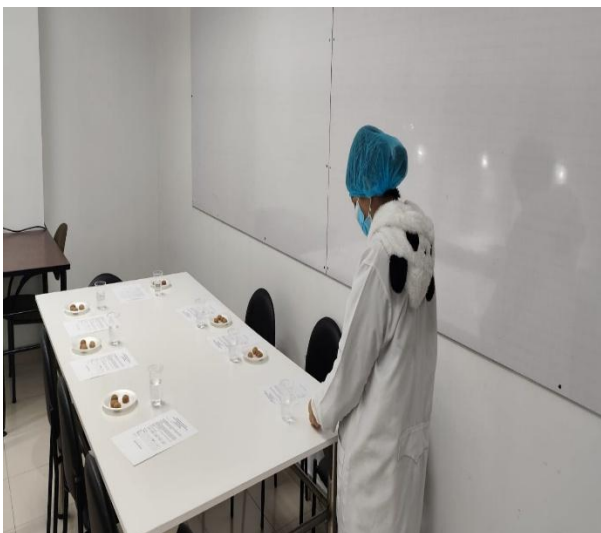


**Figura 78.** Presencia de mohos y levaduras en las muestras



**Figura 79.** Presencia de aerobios mesófilos en las muestras

#### Anexo 4. Evaluación sensorial de las galletas



**Figura 80.** Colocación de las muestras y hojas de cata



**Figura 81.** Indumentaria y hoja de cata



**Figura 82.** Instrucciones para la catación



**Figura 83.** Catación

## Anexo 5. Informes de resultados fisicoquímicos harina



### INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013a

#### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Harina de Garbanzo		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-08-15	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/29	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

#### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	16,79	(F:6,25 ) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se recibirán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.



Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

Ing. Teresa Ramírez  
Directora de Calidad

## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013b

### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Harina de Amaranto		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-08-15	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/29	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	18,18	(F:6,25 ) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

**Ing. Teresa Ramírez**  
Directora de Calidad

## Anexo 6. Informes de resultados fisicoquímicos mezclas



### INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013f

#### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Mezcla de harina T1		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/30	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

#### RESULTADO FISICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Gluten húmedo	20,47	%	MFQ-125	NTE INEN ISO 21415-1:2013/ Gravimetría

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se aceptarán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.



Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

Ing. Teresa Ramírez  
Directora de Calidad

## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013g

### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Mezcla de harina T2		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/30	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Gluten húmedo	20,35	%	MFQ-125	NTE INEN ISO 21415-1:2013/ Gravimetría

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

**Ing. Teresa Ramírez**  
Directora de Calidad

## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013h

### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Mezcla de harina T3		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/30	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Gluten húmedo	19,85	%	MFQ-125	NTE INEN ISO 21415-1:2013/ Gravimetría

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

**Ing. Teresa Ramírez**  
Directora de Calidad

## Anexo 7. Informes de resultados fisicoquímicos de las galletas



### INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013c

#### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

#### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Galleta T1		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/29	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

#### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	13,47	(F:6,25 ) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se recibirán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.



Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

Ing. Teresa Ramírez  
Directora de Calidad

## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013d

### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Galleta T2		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/29	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	13,67	(F:6,25 ) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

Ing. Teresa Ramírez  
Directora de Calidad

## INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.115013e

### DATOS DEL CLIENTE

<b>Cliente:</b>	Leslie Josseline Pozo Alvear
<b>Dirección:</b>	JUAN RAMÓN JIMÉNEZ Y PABLO NERUDA
<b>Teléfono:</b>	0982493255

### DATOS DE LA MUESTRA

<b>Descripción:</b>	Galleta T3		
<b>Lote:</b>	---	<b>Contenido declarado:</b>	100g
<b>Fecha de elaboración:</b>	2025-10-24	<b>Fecha de vencimiento:</b>	---
<b>Fecha de recepción:</b>	2025/10/28	<b>Hora de recepción:</b>	12:51:45
<b>Fecha de análisis:</b>	2025/10/29	<b>Fecha de emisión:</b>	2025/11/06
<b>Material de envase:</b>	bolsa plástica		
<b>Toma de muestra realizada por:</b>	El cliente		
<b>Procedencia de los datos:</b>	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

### CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

<b>Color:</b>	Característico	<b>Olor:</b>	Característico
<b>Estado:</b>	Sólido	<b>Conservación:</b>	Ambiente
<b>Temperatura de la muestra:</b>	Ambiente		

### RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	14,61	(F:6,25 ) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuenciales o emergentes derivados del uso del informe.




Firmado electrónicamente por:  
Ing. Teresa Ramírez

Ing. Teresa Ramírez  
Directora de Calidad

## Anexo 8. Análisis reológicos Mixolab

# Mixolab

CHOPIN Universidad Politecnica Estatal Carchi

Tulcan  
Ecuador  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

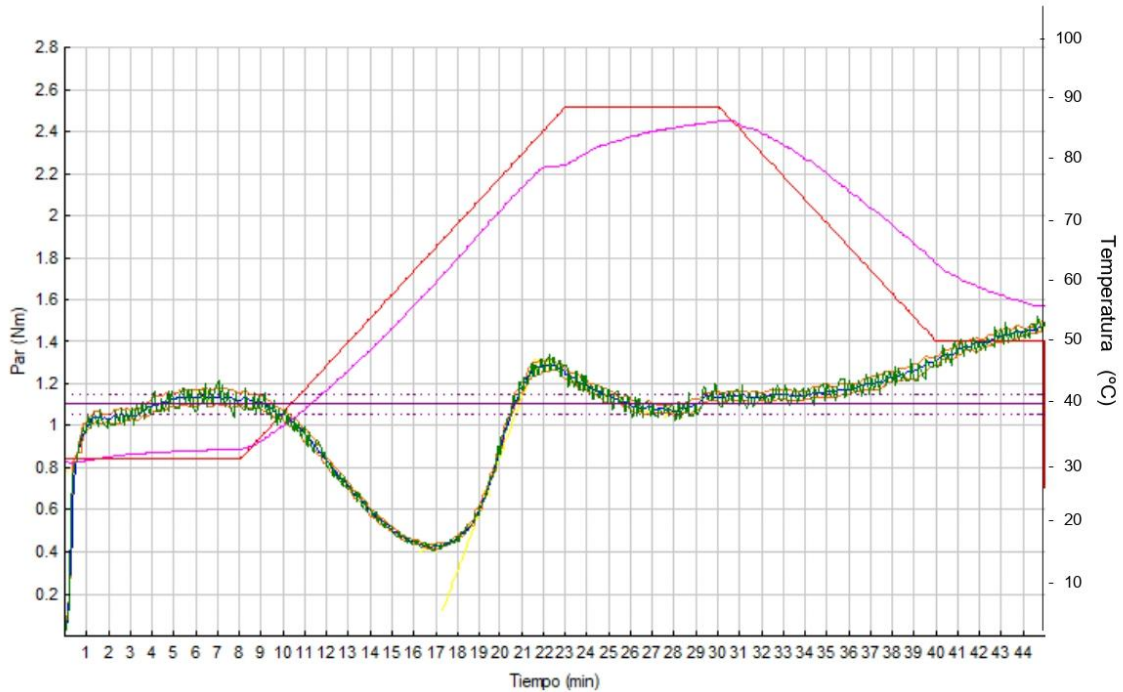
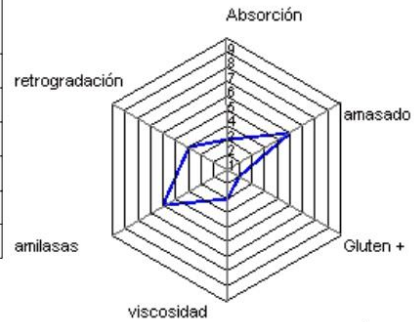


### UPEC - Amaranto Garbanzo T1 15%

**Fecha:** 10/11/2025    **Hora:** 14:40    **Protocolo:** Chopin+  
**Hydration:** 56.3 % base 14% (b14)    **Peso de la masa:** 75.0 g  
**Contenido de:** 12.0 %    **Temperatura del depósito:** 30.0 °C  
**Indice:** 2-51-253    **Velocidad de amasado:** 80 rpm

$\alpha$ :	-0.130	Nm/min
$\beta$ :	0.278	Nm/min
$\gamma$ :	-0.042	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6.38	1.144	31.5	0.072	9.80
CS	8.00	1.127	31.6		6.4
C2	16.72	0.425	58.9		
C3	21.95	1.291	79.5		
C4	27.93	1.069	86.4		
C5	45.02	1.478	55.8		

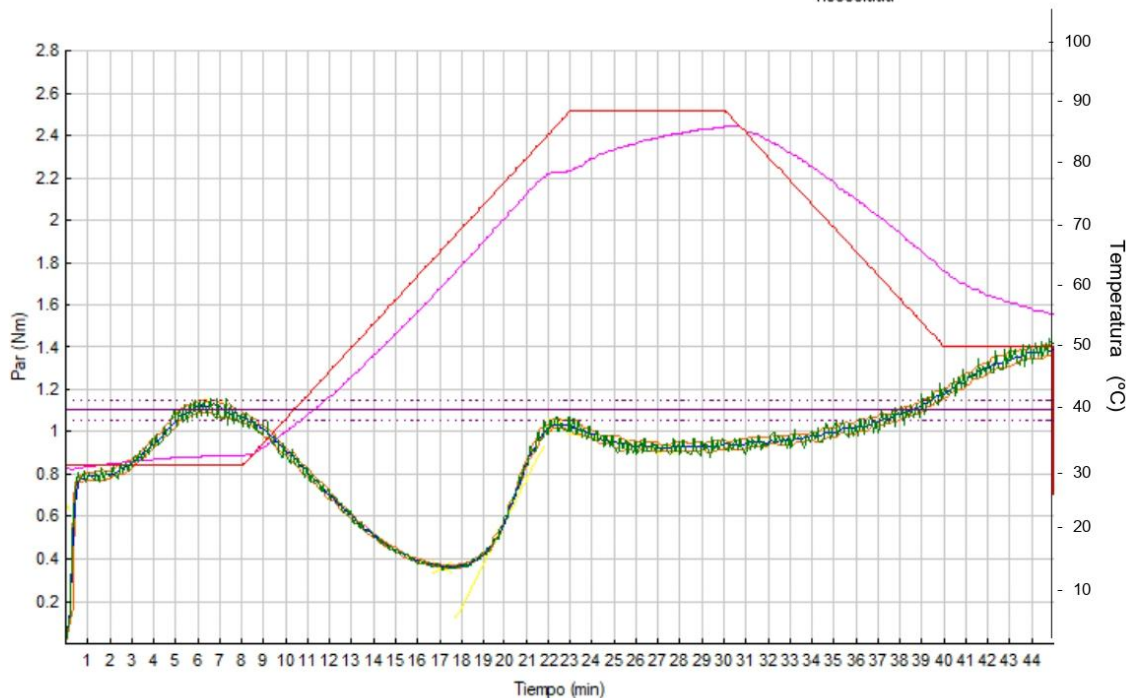
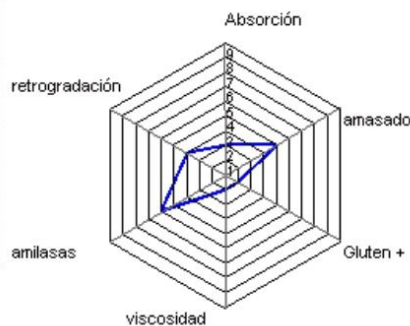


Tulcan  
Ecuador  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

## UPEC - Amaranto Garbanzo T2 25%

<b>Fecha :</b>	11/11/2025	<b>Hora :</b>	16:41	<b>Protocolo :</b>	Chopin+	$\alpha$ :	-0.098	Nm/min
<b>Hydration :</b>	55.8 %	<b>base 14% (b14)</b>		<b>Peso de la masa :</b>	75.0 g	$\beta$ :	0.202	Nm/min
<b>Contenido de</b>	12.0 %			<b>Temperatura del depósito :</b>	30.0 °C	$\gamma$ :	-0.018	Nm/min
<b>Indice:</b>	2-41-153			<b>Velocidad de amasado :</b>	80 rpm			

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	6.78	1.130	31.6	0.064	5.00
CS	8.00	1.073	31.7		5.8
C2	17.18	0.363	60.5		
C3	22.38	1.040	79.6		
C4	27.30	0.921	85.6		
C5	45.02	1.379	55.6		



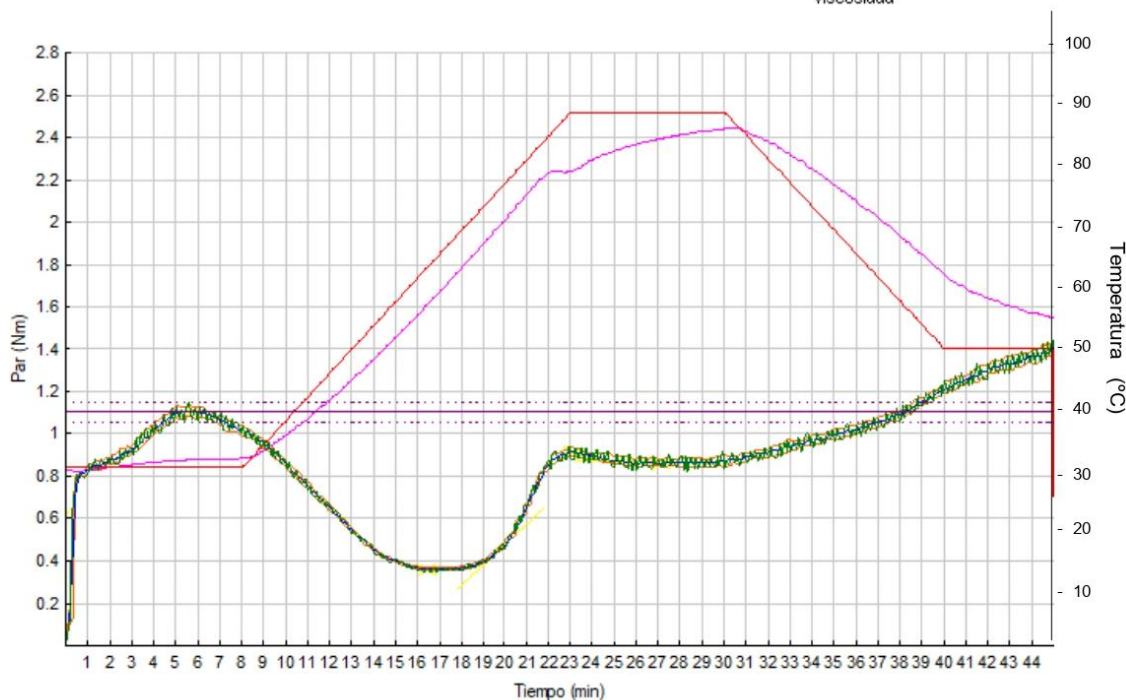
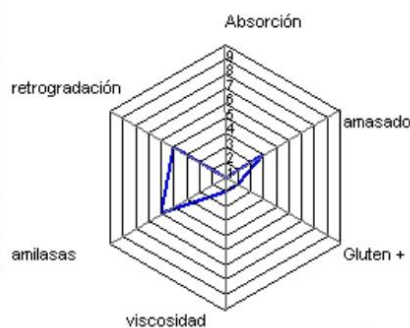
Tulcan  
Ecuador  
92390 VILLENEUVE LA GARENNE  
FRANCE

## UPEC - Amaranto Garbanzo 35% T3

Fecha : 12/11/2025 Hora : 10:28 Protocolo : Chopin+  
 Hydration : 49.7 % base 14% (b14) Peso de la masa : 75.0 g  
 Contenido de 11.0 % Temperatura del depósito : 30.0 °C  
 Indice: 0-31-154 Velocidad de amasado : 80 rpm

$\alpha$ :	-0.106	Nm/min
$\beta$ :	0.096	Nm/min
$\gamma$ :	0.000	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	5.78	1.108	31.2	0.048	5.40
CS	8.00	1.020	31.5		5.4
C2	16.48	0.360	57.6		
C3	23.12	0.916	80.1		
C4	27.12	0.857	85.6		
C5	45.02	1.396	55.4		



Anexo 9. Resultados texturales de las galletas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

01766

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 25-131		R01-7.8.03
Solicitud N°: 25-131		Pág.: 1 de 2
Fecha recepción:	19 de noviembre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 26 de noviembre de 2025
<b>Información del cliente:</b>		
Empresa:		C.I./RUC: 0402115604
Representante:	Leslie Pozo	Tlf: 0982493255
Dirección:	Ambato	E mail: leslie.pozo@upec.edu.ec
Ciudad:	Ambato	
<b>Descripción de las muestras:</b>		
Producto:	Galletas	Peso: 200g. 10 unidades por muestra
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: envase de plástico
Lote:	n/a	No de muestras: tres
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a
Conservación:	Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 7 días
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 18 de noviembre de 2025

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Galleta	13125335	T1	Textura	Brookfield		
			Dureza 1		N	39,94
			Adhesividad		mJ	0,4
			Fracturabilidad		N	39,94
			Dureza 2		N	10,43
			Elasticidad		mm	10,02
Galleta	13125336	T2	Textura	Brookfield		
			Dureza 1		N	59,84
			Adhesividad		mJ	0,6
			Fracturabilidad		N	59,84
			Dureza 2		N	4,59
			Elasticidad		mm	9,04
Galleta	13125337	T3	Textura	Brookfield		
			Dureza 1		N	65,18
			Adhesividad		mJ	0,9
			Fracturabilidad		N	65,18
			Dureza 2		N	5,39
			Elasticidad		mm	17,89
			Masticabilidad	mJ	29,6	



## Anexo 10. Resultados estadísticos

- Harinas

### Ceniza

#### Ceniza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ceniza	6	0.93	0.92	4.30

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.88	1	1.88	55.13	0.0018
Tratamientos	1.88	1	1.88	55.13	0.0018
Error	0.14	4	0.03		
Total	2.01	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41826

Error: 0.0340 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T2	4.85	3	0.11	A
T1	3.73	3	0.11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Humedad

#### Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	6	0.97	0.96	0.69

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.50	1	0.50	134.29	0.0003
Tratamientos	0.50	1	0.50	134.29	0.0003
Error	0.01	4	3.7E-03		
Total	0.51	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.13767

Error: 0.0037 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T2	9.03	3	0.04	A
T1	8.46	3	0.04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Grasa

## Grasa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	6	0.96	0.95	3.99

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.34	1	4.34	94.39	0.0006
Tratamientos	4.34	1	4.34	94.39	0.0006
Error	0.18	4	0.05		
Total	4.52	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.48593

Error: 0.0459 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	6.23	3	0.12 A
T1	4.53	3	0.12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Acidez

### Acidez

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Acidez	6	0.97	0.97	9.07

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.3E-03	1	2.3E-03	154.31	0.0002
Tratamientos	2.3E-03	1	2.3E-03	154.31	0.0002
Error	5.8E-05	4	1.5E-05		
Total	2.3E-03	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00867

Error: 0.0000 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	0.06	3	2.2E-03 A
T1	0.02	3	2.2E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

## Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Ceniza	6	0.00	0.17	0.91	0.4909
RDUO Humedad	6	0.00	0.05	0.91	0.4919
RDUO Grasa	6	0.00	0.19	0.91	0.5229
RDUO Acidez	6	0.00	3.4E-03	0.93	0.6286

- Galletas

## Ceniza

### Ceniza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ceniza	9	0.97	0.96	4.07

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.05	2	0.53	106.82	<0.0001
Tratamientos	1.05	2	0.53	106.82	<0.0001
Error	0.03	6	4.9E-03		
Total	1.08	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.17595

Error: 0.0049 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	2.18	3	0.04	A
T2	1.65	3	0.04	B
T1	1.35	3	0.04	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Humedad

### Humedad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad	9	0.95	0.93	1.67

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.72	2	0.86	53.50	0.0001
Tratamientos	1.72	2	0.86	53.50	0.0001
Error	0.10	6	0.02		
Total	1.81	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31743

Error: 0.0161 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	8.18	3	0.07	A
T2	7.39	3	0.07	B
T1	7.16	3	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Grasa

## Grasa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grasa	9	0.94	0.92	2.34

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.44	2	3.72	46.88	0.0002
Tratamientos	7.44	2	3.72	46.88	0.0002
Error	0.48	6	0.08		
Total	7.92	8			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70585

Error: 0.0794 gl: 6

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	13.10	3	0.16	A
T2	12.13	3	0.16	B
T1	10.88	3	0.16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## pH

### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	p
pH	T1	3	6.72	0.02	0.0036
pH	T2	3	6.77	0.02	
pH	T3	3	6.82	0.03	

Trat.	Medias	Ranks	
T1	6.72	2.00	A
T2	6.77	5.00	A B
T3	6.82	8.00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Ceniza	9	0.00	0.06	0.92	0.5599
RDUO Humedad	9	0.00	0.11	0.89	0.2711
RDUO Grasa	9	0.00	0.24	0.88	0.2210
RDUO pH	9	0.00	0.02	0.80	0.0310

- Sensorial

## Supuesto de Normalidad (Shapiro-Wilks)

### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (Unilateral D)
RDUO Color	180	0.00	0.91	0.94	<0.0001
RDUO Olor	180	0.00	0.95	0.94	<0.0001
RDUO Sabor	180	0.00	0.98	0.92	<0.0001
RDUO Textura	180	0.00	1.19	0.96	<0.0001
RDUO Aceptabilidad	180	0.00	0.89	0.93	<0.0001

### Color

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Color	T1	60	3.35	1.05	<0.0001
Color	T2	60	3.80	0.94	
Color	T3	60	4.27	0.71	

Trat.	Medias	Ranks	
T1	3.35	67.77	A
T2	3.80	89.35	B
T3	4.27	114.38	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Olor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Olor	T1	60	3.52	1.05	0.0097
Olor	T2	60	3.67	0.86	
Olor	T3	60	4.05	0.96	

Trat.	Medias	Ranks	
T1	3.52	80.04	A
T2	3.67	85.28	A
T3	4.05	106.18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Sabor

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Sabor	T1	60	3.65	1.13	0.0121
Sabor	T2	60	3.72	0.88	
Sabor	T3	60	4.15	0.94	

Trat.	Medias	Ranks	
T2	3.72	82.44	A
T1	3.65	82.99	A
T3	4.15	106.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Textura

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Textura	T1	60	3.27	1.19	0.0067
Textura	T2	60	2.93	1.21	
Textura	T3	60	3.62	1.18	

Trat.	Medias	Ranks	
T2	2.93	76.12	A
T1	3.27	89.98	A B
T3	3.62	105.41	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Aceptabilidad

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	p
Aceptabilidad	T1	60	3.60	1.01	0.0142
Aceptabilidad	T2	60	3.72	0.78	
Aceptabilidad	T3	60	4.07	0.86	

Trat.	Medias	Ranks	
T1	3.60	81.81	A
T2	3.72	84.23	A
T3	4.07	105.46	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Textura en galletas

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Dureza C1	9	0.00	1.52	0.87	0.1749
RDUO Fracturabilidad	9	0.00	1.52	0.87	0.1749
RDUO Dureza C2	9	0.00	1.73	0.90	0.3948
RDUO Masticabilidad	9	0.00	2.37	0.96	0.8372

### Dureza C1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Dureza C1	9	0.99	0.99	3.43

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1936.26	2	968.13	315.16	<0.0001
Tratamiento	1936.26	2	968.13	315.16	<0.0001
Error	18.43	6	3.07		
Total	1954.69	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.39083

Error: 3.0718 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	68.09	3	1.01	A
T2	53.05	3	1.01	B
T1	32.31	3	1.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Fracturabilidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fracturabilidad	9	0.99	0.99	3.43

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1936.26	2	968.13	315.16	<0.0001
Tratamiento	1936.26	2	968.13	315.16	<0.0001
Error	18.43	6	3.07		
Total	1954.69	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.39083

Error: 3.0718 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	68.09	3	1.01	A
T2	53.05	3	1.01	B
T1	32.31	3	1.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Dureza C2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Dureza C2	9	0.97	0.96	8.46

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	790.04	2	395.02	98.63	<0.0001
Tratamiento	790.04	2	395.02	98.63	<0.0001
Error	24.03	6	4.01		
Total	814.07	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.01369

Error: 4.0051 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	33.87	3	1.16	A
T2	25.88	3	1.16	B
T1	11.24	3	1.16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Masticabilidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Masticabilidad	9	0.94	0.92	17.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	733.54	2	366.77	48.88	0.0002
Tratamiento	733.54	2	366.77	48.88	0.0002
Error	45.02	6	7.50		
Total	778.56	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.86276

Error: 7.5041 gl: 6

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	25.47	3	1.58	A
T2	17.77	3	1.58	B
T1	3.67	3	1.58	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )