

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE ALIMENTOS

**Tema: “Elaboración de un snack extruido de la mezcla de gritz de camote (*Ipomoea batatas*) y gritz de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)”**

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

AUTORA: Méndez Santillán Wendy Sugey

TUTOR: MSc. Domínguez Rodríguez Francisco Javier, PhD.

Tulcán, 2026.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante Méndez Santillán Wendy Sughey con el número de cédula 1727727768 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Elaboración de un snack extruido de la mezcla de gritz de camote (*Ipomoea batatas*) y gritz de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

---

MSC. Domínguez Rodríguez Francisco Javier, PhD.

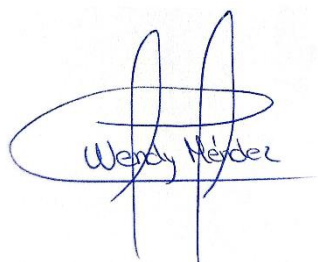
**TUTOR**

Tulcán, abril 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, Méndez Santillán Wendy Sugey con cédula de identidad número 1727727768 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized loops and a horizontal line, with the name 'Wendy Méndez' written in a cursive script below it.

---

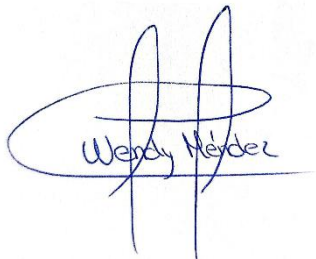
Méndez Santillán Wendy Sugey

**AUTORA**

Tulcán, abril de 2026

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

Yo Méndez Santillán Wendy Suguey declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Elaboración de un snack extruido de la mezcla de gritz de camote (*Ipomoea batatas*) y gritz de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, consisting of two vertical strokes and a horizontal line, with the name 'Wendy Méndez' written in cursive below it.

---

Méndez Santillán Wendy Suguey

**AUTORA**

Tulcán, abril de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a Dios por concederme la fortaleza y claridad necesarias para concluir este ciclo vital. Mi agradecimiento eterno se dirige a mis padres, hermano y familiares, quienes han sido el refugio constante donde encontré la paz y el impulso para alcanzar mis metas.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, mi casa de estudios, le agradezco por abirme sus laboratorios y aulas; las vivencias en este campus fueron el cimiento de mi formación integral. De igual manera, valoro profundamente las enseñanzas de los docentes de la Carrera de Alimentos cuya entrega facilitó mi evolución técnica y humana. Un agradecimiento distinguido al PhD Francisco Domínguez, por liderar este proyecto con una sabiduría y paciencia admirables; su guía experta fue el motor que permitió materializar esta investigación.

Por último, abrazo con gratitud a mis amigos y compañeros de estudio, cómplices de cada jornada de aprendizaje y de las anécdotas que hicieron este camino inolvidable. Gracias por ser parte de mi crecimiento como profesional.

## DEDICATORIA

A mi mamá Irene Santillán, por ser el pilar inquebrantable de mi existencia y el ejemplo de tenacidad que guía mis pasos. Te agradezco mamita el haberme enseñado que los límites solo habitan en la mente y el brindarme tu respaldo absoluto en cada desvelo; este logro es el vivo reflejo de tu amor y sacrificio.

A mi papá Manuel Méndez, a quien con su esfuerzo silencioso y su sabiduría me mostró el valor de la perseverancia. Valoro profundamente tu fe en mis proyectos incluso antes de que yo misma la tuviera, siendo ese refugio seguro al que siempre puedo volver. Este triunfo te pertenece, porque mi título lleva impreso tu esfuerzo y el orgullo de ser la hija que formaste con tanto amor.

A mis hermanos Alejandro y Majito, por ser mis compañeros de vida y los testigos de cada etapa de este proceso. Atesoro la alegría compartida, el aliento en los momentos de duda y el recordarme siempre la importancia de mantener mi esencia. Su presencia ha permitido que el camino hacia esta meta sea mucho más ligero y especial saben cuánto los quiero y lo importantes que son para mí.

A mi novio Marco, por caminar a mi lado con una paciencia infinita y por convertirte en mi soporte emocional durante este desafío académico. Agradezco que tu amor fuera el refugio constante donde encontré la calma para seguir adelante celebrando mis pequeños logros y motivándome siempre a alcanzar mi mejor versión; este éxito también lleva tu nombre ¡Te Amo!

A mis abuelitos, por ser la raíz de mis sueños y mi refugio de sabiduría. A mis familiares y amigos valoro profundamente cada palabra de aliento y los momentos compartidos que hicieron este camino más humano y ligero. Su fe en mí fue el motor invisible de este logro.

Alcanzo esta meta sostenida por su amor; este triunfo les pertenece tanto como a mí.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	13
<b>ABSTRACT</b> .....	14
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	17
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	19
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	19
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	20
1.4.1. Objetivo General .....	20
1.4.2. Objetivos Específicos .....	20
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	20
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	21
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	21
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	24
2.2.1. Chocho.....	24
2.2.2. Composición nutricional del chocho .....	24
2.2.3. Producción nacional del chocho .....	25
2.2.4. Camote .....	26
2.2.5. Composición nutricional del camote .....	27
2.2.6. Producción nacional del camote.....	28
2.2.7. Composición de aminoácidos esenciales del camote .....	28
2.2.8. Snack .....	29
2.2.9. Proceso de extrusión.....	29
2.2.10. Factores que influyen en la extrusión.....	30
2.2.11. Condiciones de operaciones que influyen en la extrusión.....	30
2.2.12. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas .....	31

2.2.13. Propiedades sensoriales que influyen en la extrusión.....	33
2.2.14. Tipos de extrusores .....	33
2.2.15. Calidad nutricional de los extruidos.....	33
2.2.16. Desnaturalización de proteínas.....	34
2.2.17. Gelatinización del almidón.....	34
2.2.18. Ventajas del proceso de extrusión.....	34
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
3.1.1. Enfoque.....	35
3.1.2. Tipo de Investigación.....	35
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....</b>	<b>35</b>
3.3.1. Definición de las variables .....	35
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	36
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>38</b>
3.4.1. Diagrama de bloques del gritz de chocho y camote .....	38
3.4.2. Diagrama de bloques para la elaboración de un snack extruido ....	39
3.4.2.1. Descripción del proceso de elaboración de snack por extrusión ..	39
3.4.3. Determinación de carbohidratos totales .....	41
3.4.4. Determinación de cenizas.....	41
3.4.5. Determinación de humedad.....	42
3.4.6. Determinación de proteínas.....	42
3.4.7. Determinación de grasa .....	43
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>44</b>
3.5.1. Tipo de diseño .....	44
3.5.2. Análisis de varianza .....	44
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1 RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>

4.1.1. Características fisicoquímicas de la materia prima .....	46
4.1.2. Características fisicoquímicas del snack extruido .....	47
4.1.3. Características reológicas del snack extruido .....	55
4.1.4. Evaluación sensorial .....	57
4.1.5. Análisis microbiológico .....	67
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>68</b>
4.2.1. Características fisicoquímicas de la materia prima .....	68
4.2.2. Características fisicoquímicas del snack extruido .....	69
4.2.3. Características reológicas del snack extruido .....	71
4.2.4. Evaluación sensorial .....	73
4.2.5. Análisis microbiológico .....	75
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del chocho .....	25
Tabla 2. Producción a nivel nacional del chocho .....	25
Tabla 3. Características botánicas del camote .....	26
Tabla 4. Composición química del camote .....	27
Tabla 5. Producción a nivel nacional del camote .....	28
Tabla 6. Composición nutricional de aminoácidos del camote .....	28
Tabla 7. Operacionalización de variables .....	37
Tabla 8. Diseño de tratamientos y combinaciones.....	44
Tabla 9. Formulación de la mezcla (25 % de gritz de chocho – 75 % de gritz de camote .....	45
Tabla 10. Formulación de la mezcla (50 % de gritz de camote – 50 % de gritz de chocho) .....	45
Tabla 11. Formulación de la mezcla (75 % de gritz de chocho – 25 % de gritz de camote) .....	45
Tabla 12. Resultados fisicoquímicos de la materia prima .....	46
Tabla 13. Análisis de supuestos para materia prima .....	47
Tabla 14. Resultados fisicoquímicos del snack extruido .....	47
Tabla 15. Pruebas estadísticas para humedad .....	48
Tabla 16. Prueba Post-Hoc de Tukey para humedad .....	48
Tabla 17. Pruebas estadísticas para ceniza .....	49
Tabla 18. Prueba Post-Hoc para ceniza .....	49
Tabla 19. Pruebas estadísticas para grasa.....	49
Tabla 20. Prueba Post-Hoc de Tukey para grasa .....	50
Tabla 21. Pruebas estadísticas para proteína.....	50
Tabla 22. Prueba Post-Hoc de Tukey para proteína .....	51
Tabla 23. Pruebas estadísticas para fibra.....	51
Tabla 24. Prueba Post-Hoc de Dunn para fibra .....	52
Tabla 25. Análisis descriptivo para fibra .....	52
Tabla 26. Pruebas estadísticas para carbohidratos totales.....	52
Tabla 27. Prueba Post-Hoc de Dunn para carbohidratos totales .....	53
Tabla 28. Análisis descriptivo para carbohidratos totales.....	53

Tabla 29. Pruebas estadísticas para carbohidratos disponibles .....	54
Tabla 30. Prueba Post-Hoc de Dunn para carbohidratos disponibles.....	54
Tabla 31. Análisis descriptivo para carbohidratos disponibles .....	55
Tabla 32. Resultados de la prueba sensorial.....	57
Tabla 33. Pruebas estadísticas para el color.....	58
Tabla 34. Prueba Post-Hoc de Dunn para el color.....	58
Tabla 35. Análisis descriptivo para el color .....	59
Tabla 36. Pruebas estadísticas para el olor .....	60
Tabla 37. Prueba Post-Hoc de Dunn para el olor .....	60
Tabla 38. Análisis descriptivo para el olor.....	61
Tabla 39. Pruebas estadísticas para el sabor.....	61
Tabla 40. Prueba Post-Hoc de Dunn para el sabor.....	62
Tabla 41. Análisis descriptivo para el sabor.....	63
Tabla 42. Pruebas estadísticas para textura .....	64
Tabla 43. Prueba Post-Hoc de Dunn para textura.....	64
Tabla 44. Análisis descriptivo para textura .....	64
Tabla 45. Pruebas estadísticas para aceptabilidad.....	65
Tabla 46. Prueba Post-Hoc de Dunn para aceptabilidad.....	66
Tabla 47. Análisis descriptivo para aceptabilidad .....	66
Tabla 48. Análisis microbiológico del snack extruido .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple .....	30
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de gritz .....	38
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del snack extruido.....	40
Figura 4. Gráficas de los resultados de la textura del snack extruido .....	56
Figura 5. Distribución completa en forma de violín respecto al color.....	59
Figura 6. Distribución completa en forma de violín respecto al olor .....	61
Figura 7. Distribución completa en forma de violín respecto al sabor.....	63
Figura 8. Distribución completa en forma de violín respecto a la textura .....	65
Figura 9. Distribución completa en forma de violín respecto a la aceptabilidad global .....	67

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	83
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	84
Anexo 3. Análisis reológicos.....	86
Anexo 4. Análisis del perfil nutricional.....	88

## RESUMEN

Esta investigación desarrolló un snack extruido a partir de mezclas de gritz de camote (*Ipomoea batatas*) y chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), buscando equilibrar el aporte nutricional y funcional de ambos cultivos andinos. El estudio empleó un diseño experimental completamente aleatorizado con seis tratamientos, evaluando tres proporciones de mezcla (25-75%, 50-50% y 75-25%) y dos temperaturas de extrusión (130 °C y 140 °C). Se buscó establecer la formulación más adecuada integrando equilibradamente los beneficios de ambos insumos, optimizando las condiciones de temperatura y tiempo de extrusión para obtener un producto con propiedades sensoriales y nutricionales de alta calidad. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos, reológicos y sensoriales del producto final. El proceso productivo integró operaciones unitarias de secado, molienda, tamizado, mezclado, extrusión y empaque. Los resultados demostraron que tanto la proporción de materias primas como la temperatura del proceso tuvieron un efecto significativo sobre las características del snack. La formulación con mayor porcentaje de chocho T6 (75-25%) procesada a 140 °C registró menor contenido de humedad (3,78%) y concentración proteica superior (15,56%), cumpliendo los requisitos para productos extruidos. El análisis reológico indicó que una mayor proporción del chocho incrementa la firmeza y la masticabilidad, mientras que el camote favoreció una mayor expansión y textura liviana. En la evaluación sensorial, el tratamiento T3 (50% de gritz de camote, 50% de gritz de chocho; 130 °C), obtuvo la mayor aceptación general en cuanto a color, sabor y textura. Se concluye que la combinación de gritz de camote y chocho resultó adecuada para la elaboración de snacks extruidos saludables, equilibrados nutricionalmente, de textura crocante y con buena aceptación del consumidor, constituyendo una alternativa innovadora que fomenta el aprovechamiento de cultivos andinos y el desarrollo de la industria alimentaria ecuatoriana.

**Palabras Claves:** extrusión, camote, chocho, snack saludable.

## ABSTRACT

This research developed an extruded snack made from blends of sweet potato grits (*Ipomoea batatas*) and lupin grits (*Lupinus mutabilis* Sweet), with the aim of balancing the nutritional and functional contributions of these two Andean crops. The study employed a completely randomized experimental design with six treatments, evaluating three mixing ratios (25–75%, 50–50%, and 75–25%) and two extrusion temperatures (130 °C and 140 °C). The objective was to determine the most suitable formulation by integrating the benefits of both ingredients in a balanced way and optimizing extrusion temperature and time to obtain a product with high-quality sensory and nutritional properties. Physicochemical, rheological, and sensory parameters of the final product were analysed. The production process included unit operations such as drying, milling, sieving, mixing, extrusion, and packaging. Results showed that both the raw material proportions and extrusion temperature had a significant effect on the snack's characteristics. The formulation with the highest lupin content (T6: 75–25%), processed at 140 °C, exhibited lower moisture content (3.78%) and higher protein concentration (15.56%), meeting the requirements for extruded products. Rheological analysis indicated that a higher proportion of lupin increased firmness and chewiness, while sweet potato promoted greater expansion and a lighter texture. In sensory evaluation, treatment T3 (50% sweet potato grits, 50% lupin grits; 130 °C) achieved the highest overall acceptance in terms of colour, flavour, and texture. In conclusion, the combination of sweet potato and lupin grits proved suitable for producing healthy extruded snacks that are nutritionally balanced, crunchy in texture, and well accepted by consumers. This product represents an innovative alternative that promotes the use of Andean crops and contributes to the development of Ecuador's food industry.

**Keywords:** extrusion, sweet potato, lupin bean, healthy snack.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria alimentaria enfrenta el desafío de satisfacer las necesidades de un consumidor cada vez más consciente del impacto de su alimentación sobre la salud y el bienestar. La preferencia por alimentos naturales, funcionales y con alto valor nutricional ha impulsado el desarrollo de productos innovadores que combinen calidad, sabor y aporte nutricional. En este contexto, la utilización de materias primas autóctonas, como el camote (*Ipomoea batatas*) y el chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), representa una alternativa viable para crear alimentos saludables que fortalezcan la dieta de la población ecuatoriana y fomenten el aprovechamiento de cultivos tradicionales de la región andina (UNICEF, 2023).

Uno de los problemas nutricionales más relevantes del Ecuador es la desnutrición crónica infantil, la cual continúa afectando a un porcentaje considerable de la población menor de cinco años, especialmente en zonas rurales. Según reportes de organismos internacionales como la UNICEF (2023), alrededor del 20 % de los niños en el país presentan deficiencias nutricionales asociadas a la falta de acceso a alimentos balanceados y ricos en proteínas. Esta situación evidencia la necesidad de fomentar alternativas alimentarias asequibles, nutritivas y adaptadas a los hábitos de consumo locales, que permitan diversificar la dieta y mejorar la calidad nutricional de la población.

El camote y el chocho poseen un alto potencial alimenticio y funcional. El camote es fuente importante de carbohidratos complejos, fibra, betacarotenos y vitaminas antioxidantes, mientras que el chocho destaca por su elevado contenido de proteínas, ácidos grasos esenciales, calcio y hierro. No obstante, ambos cultivos han tenido un uso limitado en la industria alimentaria debido a la escasa tecnificación de sus procesos y al desconocimiento de sus beneficios nutricionales. La integración de estas materias primas en un producto procesado como un snack extruido ofrece la posibilidad de revalorizar los cultivos andinos, a la vez que se satisface la demanda de alimentos prácticos y nutritivos (Burgos Jaramillo, 2023).

La extrusión es una tecnología moderna que combina presión, temperatura y fricción para transformar mezclas alimenticias en productos con características sensoriales agradables, textura crocante y estabilidad prolongada. Esta técnica es ampliamente utilizada en la producción de cereales y snacks, ya que permite conservar los nutrientes esenciales, mejorar la digestibilidad y obtener productos de alta calidad con menor impacto ambiental. Su aplicación en la mezcla de tubérculos y leguminosas, como el camote y el chocho, permite aprovechar la complementariedad entre los carbohidratos y proteínas, generando un alimento equilibrado desde el punto de vista nutricional y funcional (Cliff, 2021).

El presente estudio se justifica por la necesidad de desarrollar alimentos alternativos que promuevan una alimentación saludable y sostenible, basados en recursos agrícolas locales y con potencial de industrialización. Además, tiene como finalidad aportar al progreso del conocimiento científico relacionado con el comportamiento térmico y estructural de las formulaciones alimenticias sometidas al proceso de extrusión, proporcionando información relevante que contribuya a la innovación y mejora continua de la industria alimentaria nacional. Desde el punto de vista social, este trabajo aporta al aprovechamiento de cultivos andinos subutilizados, ofreciendo una propuesta innovadora que podría ayudar a reducir los índices de desnutrición y fortalecer la economía local (Huber G. , 2021).

En síntesis, esta investigación propone una alternativa tecnológica innovadora para la obtención de un producto saludable, nutritivo y de alta aceptación, basado en materias primas tradicionales del Ecuador. Su desarrollo no solo contribuye al avance del conocimiento científico en el área de los alimentos extruidos, sino que también promueve la valorización de los cultivos andinos y el fortalecimiento de la industria alimentaria nacional (Vizueta & Rojas, 2022).

Por ello, la investigación tuvo como propósito elaborar un snack extruido a partir de la mezcla de gritz de camote y gritz de chocho, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas. En función de ello, se analizaron diferentes formulaciones y condiciones de temperatura, con el fin de determinar la combinación más adecuada que mejore las características del producto final.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desconocimiento de las propiedades nutricionales y de las formas adecuadas de aprovechamiento de los cultivos andinos ha limitado su valorización como alternativas alimentarias en el Ecuador. En este contexto, productos como el camote (*Ipomoea batatas*) y el chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) han sido subutilizados, pese a poseer características agronómicas favorables y un importante contenido nutricional. Su consumo se ha mantenido principalmente en formas tradicionales, lo que ha restringido su incorporación en procesos de innovación alimentaria orientados a mejorar la calidad de la dieta. Esta situación refleja una débil articulación entre el conocimiento científico, la producción agrícola y el desarrollo agroindustrial (García, 2021).

A nivel internacional, la malnutrición continúa siendo un problema prioritario, especialmente en países en vías de desarrollo. De acuerdo con la (FAO, 2021) una de las principales causas de esta problemática es la limitada disponibilidad y acceso a alimentos nutritivos, lo que afecta de manera directa a los grupos más vulnerables. En este sentido, el aprovechamiento de recursos alimentarios locales con alto valor nutricional constituye una alternativa viable para fortalecer la seguridad alimentaria, reducir la dependencia de productos industrializados de bajo valor nutritivo y promover sistemas alimentarios más sostenibles.

En el Ecuador, la desnutrición infantil representa una problemática estructural vinculada a factores socioeconómicos como la pobreza, la desigualdad y el acceso limitado a una alimentación adecuada. Esta condición afecta el crecimiento físico y el desarrollo cognitivo de los niños, generando consecuencias que comprometen su desempeño académico y sus oportunidades futuras. Además, su impacto trasciende el ámbito individual, ya que influye en el desarrollo social y económico del país al reducir el potencial productivo de la población (Colcha, 2021).

Desde el punto de vista sanitario, la desnutrición en etapas tempranas de la vida está asociada a un mayor riesgo de enfermedades infecciosas y a alteraciones permanentes en el desarrollo del organismo. La (OMS, 2022) señala que una nutrición inadecuada durante la infancia puede generar efectos irreversibles, lo que resalta la importancia de implementar estrategias preventivas centradas en la mejora de la calidad alimentaria.

En la actualidad, la desnutrición crónica infantil continúa siendo uno de los principales desafíos en salud pública en el Ecuador. Según la (Unicef, 2023) afecta al 20,1% de los niños menores de dos años, lo que evidencia la persistencia del problema a pesar de las intervenciones realizadas en las últimas décadas. Aunque se han implementado diversos programas de salud y nutrición, los resultados obtenidos no han sido suficientes para reducir de manera significativa su prevalencia, lo que sugiere la necesidad de replantear las estrategias utilizadas (FAO, 2021).

En este contexto, resulta fundamental incorporar enfoques innovadores que integren el uso de materias primas locales con tecnologías de procesamiento que permitan mejorar la calidad y aceptación de los alimentos. El chocho y el camote representan opciones estratégicas debido a su disponibilidad y valor nutricional, los cuales pueden ser aprovechados para el desarrollo de productos dirigidos a poblaciones vulnerables (García, 2021).

El uso de tecnologías como la extrusión permite transformar estas materias primas en alimentos con mejores características sensoriales, mayor digestibilidad y vida útil, facilitando su inclusión en la dieta diaria. Además, este tipo de procesamiento contribuye a la generación de productos con valor agregado, lo que favorece su potencial aplicación en programas de alimentación infantil (Guy, 2023).

En consecuencia, la persistencia de la desnutrición crónica infantil, junto con el limitado aprovechamiento de cultivos andinos, evidencia la necesidad de desarrollar alternativas alimentarias innovadoras que contribuyan a mejorar la calidad nutricional de la población. En este sentido, la elaboración de productos a base de chocho y camote mediante procesos de extrusión se plantea como una estrategia viable para aportar a la reducción de esta problemática en el Ecuador (FAO, 2021).

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera la variación en los porcentajes de gritz de chocho y gritz de camote, así como la temperatura de extrusión influyen en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un producto extruido?

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

El chocho y el camote son alimentos fundamentales de nuestra región interandina que destacan por su gran valor nutritivo. El chocho es una excelente fuente de proteína vegetal, mientras que el camote aporta energía saludable y vitaminas. Al combinarlos, se logra un alimento mucho más completo que si se consumieran por separado, ya que los nutrientes de uno complementan lo que le falta al otro. Esta mezcla es ideal para combatir la desnutrición infantil, y al convertirlos en un snack mediante la técnica de extrusión como los chitos, pero naturales, logramos que el cuerpo aproveche mejor sus beneficios y que el producto dure mucho más tiempo sin dañarse (Santanilla, 2024).

En Ecuador, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2021) ha dinamizado la utilización del chocho y el camote distribuyendo una amplia variedad de recetas que lo incorporan como uno de los principales ingredientes. Últimamente, el Programa Mundial de Alimentos (PMA, 2022) de los Países Unificados comenzó a incorporar al camote como componente de su plan educativo escolar. En consecuencia, el interés nacional por el chocho y camote común probablemente se duplicará más pronto que tarde.

Además, el uso de estos cultivos ayuda a los pequeños agricultores locales de la Sierra, dándole un uso moderno a productos que antes solo se vendían en los mercados tradicionales. Al transformar el chocho y el camote en un snack atractivo, se incentiva la producción agrícola nacional y se reduce la dependencia de productos importados, fortaleciendo la economía de las comunidades rurales que cultivan estos granos y tubérculos (Morales, 2021).

Por otro lado, la tendencia actual de consumo muestra que las familias buscan alimentos que sean rápidos de comer, pero saludables. Los snacks tradicionales suelen tener mucha grasa y sal, mientras que un extruido de chocho y camote ofrece una alternativa libre de sellos de advertencia, rica en fibra y sin gluten. Esto lo convierte en un producto con un alto potencial comercial en tiendas y

escuelas, respondiendo a la necesidad de meriendas escolares más nutritivas (Vizueta & Rojas, 2022).

Utilizar cultivos andinos como chocho y camote, en un snack extruido dándole mayor valor agregado. Debido a que actualmente, las empresas deciden enviar nuevos productos con costos tan modestos dejando a un lado la calidad nutricional (Analuisa-Aroca, 2021).

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

##### 1.4.1. Objetivo General

Elaborar un snack extruido de la mezcla de gritz de camote (*Ipomoea batatas*) y gritz de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) saborizado.

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la mejor formulación y temperatura para la elaboración de un snack extruido que combine los beneficios nutricionales del camote y el chocho.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y reológicas del producto extruido.
- Evaluar el nivel de aceptación del snack extruido en función de sus atributos sensoriales como sabor, color y textura

##### 1.4.3. Preguntas de Investigación

1. ¿Cuál es la mejor formulación y el rango de temperatura de extrusión que permite obtener un snack de camote y chocho con el mejor perfil nutricional y funcional?
2. ¿De qué manera influye el proceso de extrusión en las características fisicoquímicas, reológicas y en la aceptación sensorial del consumidor final?
3. ¿Cuál es el nivel de aceptación del snack extruido en función de sus atributos sensoriales como sabor, color y textura?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Santacruz et al. (2022), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue elaborar un snack salado expandido listo para el consumo, a base de una mezcla cereal-leguminosa de griz de maíz y chocho desamargado mediante el proceso de extrusión. Se empleó un diseño completamente al azar con modelo factorial  $2^2$ , considerando como factores el diámetro de orificio del dado (4 y 5 mm) y la proporción de la mezcla chocho-maíz (20–80 % y 25–75 %), evaluando variables de densidad aparente, humedad y contenido de proteína.

Los resultados mostraron que la mezcla con 25 % de chocho y 75 % de maíz, extruida con dado de 4 mm, presentó la menor densidad aparente (0.44 g/mL), el mayor contenido proteico (15.68 g/100 g) y la menor humedad (8.67 g/100 g). El análisis proximal del mejor tratamiento arrojó valores de 4.48 % de humedad, 15.75 % de proteína, 6.57 % de grasa, 3.33 % de cenizas, 69.87 % de carbohidratos y 14.27 % de fibra dietética, clasificando al extruido como un alimento con alto contenido proteico y dentro de los límites establecidos por las normas técnicas ecuatorianas. El estudio de mercado reveló una alta aceptación del producto entre adolescentes, jóvenes y adultos, destacando su potencial comercial. Los autores concluyeron que la formulación con 25 % de chocho y 75 % de maíz, extruida con dado de 4 mm, permite obtener un snack expandido con buena calidad nutricional, bajo contenido de humedad y gran aceptación sensorial y de mercado, constituyendo una alternativa alimenticia saludable y viable para la industria ecuatoriana.

Pérez et al. (2024), en su investigación cuyo objetivo fue elaborar un bocadito extruido con alto contenido proteico a partir de una mezcla de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), tarwi (chocho) (*Lupinus mutabilis Sweet*) y camote (*Ipomoea batatas L.*), con el fin de obtener un producto nutritivo, funcional y sensorialmente aceptable. Las materias primas presentaron

composiciones fisicoquímicas de proteína de 14.12 % en quinua, 41.70 % en tarwi y 2.83 % en camote, grasa de 5.51 %, 16.33 % y 0.22 %, fibra cruda de 4.17 %, 3.26 % y 1.91 %, y cenizas de 3.41 %, 3.92 % y 1.25 %, respectivamente, evidenciando el alto valor proteico del tarwi y el aporte energético del camote como fuente de carbohidratos. El proceso se realizó mediante extrusión de doble tornillo con variaciones en temperatura y humedad, aplicando un diseño factorial para optimizar la formulación. Los resultados del producto extruido mostraron valores de proteína entre 17.33 y 21.86 %, humedad de 4.83 a 5.73 %, grasa de 4.24 a 5.68 %, fibra cruda de 3.22 a 4.10 % y cenizas de 3.12 a 3.45 %, cumpliendo con las normas para snacks extruidos. En cuanto a las propiedades físicas y de textura, se obtuvo una densidad aparente de 0.199 a 0.427 g/cm<sup>3</sup> y una fuerza de ruptura de 1.25 a 2.83 N, características que reflejan una buena expansión, estructura ligera y crocancia adecuada. Los autores concluyeron que la formulación con 40 % de quinua, 35 % de tarwi (chocho) y 25 % de camote ofreció el mejor equilibrio entre calidad nutricional y textural, constituyendo un producto con alto valor proteico, textura crocante y gran potencial para el desarrollo de snacks funcionales de origen andino.

Flores (2024), evaluó el efecto de los parámetros de extrusión, temperatura (110–140 °C), humedad (15–20 %) y formulación de mezcla, sobre la calidad nutricional y de textura en snacks elaborados con maíz, chocho y zanahoria blanca. Se trabajó con dos formulaciones (80 % maíz, 10 % chocho, 10 % zanahoria blanca y 70 % maíz, 15 % chocho, 15 % zanahoria blanca) bajo un diseño completamente al azar con tres factores. Las materias primas presentaron una composición en base seca de: maíz con 8.2 % de proteína, 3.9 % de grasa, 75.1 % de carbohidratos y 2.7 % de fibra; chocho con 51.07 % de proteína, 20.44 % de grasa, 7.35 % de fibra y 2.54 % de cenizas; y zanahoria blanca con 0.8 % de proteína, 0.2 % de grasa, 24.9 % de carbohidratos y 0.6 % de fibra. Los resultados demostraron que el tratamiento T5 (80 % maíz, 10 % chocho y 10 % zanahoria blanca; 15 % de humedad; 110 °C) presentó los mejores valores funcionales y nutricionales, con proteína de 11.43 %, grasa 2.88 %, fibra 2.40 %, cenizas 1.87 %, carbohidratos 81.42 %, e índices funcionales de absorción de agua (5.68 g/g), solubilidad (4.71 %), índice de expansión (2.71) y densidad aparente (0.18 g/cm<sup>3</sup>). En el análisis sensorial, el tratamiento T5 alcanzó las puntuaciones más altas de color (8.8), textura (8.9), sabor (9.0) y

aceptabilidad general (8.9), destacándose por su crocancia y homogeneidad estructural. El autor concluyó que la adición de chocho y zanahoria blanca mejoró significativamente la calidad nutricional, la biodisponibilidad de nutrientes y las propiedades funcionales del extruido, generando un snack con mayor valor proteico, buena expansión y excelente aceptación sensorial.

Huamán et al. (2025), desarrollaron una investigación cuyo objetivo fue formular y caracterizar extruidos de maíz enriquecidos con harina integral de chocho andino (*Lupinus mutabilis*, WLF) y nuez de pecán molida (*Carya illinoensis*, GPN), evaluando sus propiedades fisicoquímicas, texturales, nutracéuticas y sensoriales. Se aplicó un diseño D-óptimo de mezclas con variaciones en la proporción de WLF y GPN, la humedad de alimentación (13 – 17 %) y la velocidad del tornillo (324 – 396 rpm). Las materias primas presentaron una composición base seca de maíz (7.65 % proteína, 4.13 % grasa, 86.61 % carbohidratos), chocho (52.37 % proteína, 24.17 % grasa, 18.69 % fibra) y pecán (9.90 % proteína, 70.74 % grasa, 3.07 % fibra). El mejor tratamiento (T11), con 6.8 % WLF y 3.2 % GPN, 13 % de humedad y 360 rpm, obtuvo los valores más altos en compuestos fenólicos totales (17.53 mg GAE/100 g), taninos condensados (4.12 mg CE/100 g), capacidad antioxidante ABTS (28.71  $\mu$ mol TE/g) y DPPH (19.83  $\mu$ mol TE/g), junto con 2.14  $\mu$ g/g de carotenoides. En las propiedades fisicoquímicas, el T11 presentó 12.92 % de proteína, 7.83 % de grasa, 1.58 % de fibra, 1.83 % de cenizas, 75.84 % de carbohidratos, 7.98 % de humedad, pH 6.48 y acidez 0.21 %. Físicamente mostró un índice de expansión (SEI) 17.56, densidad aparente 0.103 g/cm<sup>3</sup>, índice de volumen (VEI) 89.34, absorción de agua (WAI) 5.42 g/g, solubilidad (WSI) 6.12 %, fuerza de ruptura 0.46 N y trabajo de crocancia (Wc) 0.23 N·mm, evidenciando una textura crocante y bien expandida. En la evaluación sensorial, T11 alcanzó las mejores puntuaciones con color 8.5, sabor 8.7, textura 8.6, aroma 8.4 y aceptabilidad global 8.6 (escala de 9 puntos), superando significativamente al control y a las demás formulaciones. Los autores concluyeron que la incorporación conjunta de WLF y GPN mejora de manera integral la calidad nutricional, fisicoquímica, antioxidante y sensorial de los extruidos de maíz, permitiendo obtener un snack funcional, saludable y de alta aceptación para el consumidor.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. Chocho

El chocho o (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una leguminosa originaria de Bolivia, Ecuador y Perú siendo este de gran importancia en la alimentación de dichos países teniendo un alto contenido de proteína y por sus características agronómicas dentro de ellas la rusticidad, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo y la adaptabilidad en zonas agroecológicas secas de interés industrial debido a su composición química, sin embargo, el grano contiene diversas sustancias nutritivas limitando su consumo directo en la alimentación humana. El mineral más predominante del chocho es de 0.48% además, es una sustancia de color blanca donde los dientes y huesos absorben calcio y fósforo que la podemos encontrar en la cáscara del grano constituyendo el 0.43% actuando como un controlador del calcio para mantener el sistema óseo a la vez producir energía (Flores, Jongerden, & Ruivenkamp, 2022).

Tiene un alto contenido de grasa y proteína (42-51%) por ende el chocho se le conoce como la soya andina y es rico en lisina, en el Ecuador el cultivo de chocho se localiza en Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Tungurahua, Carchi e Imbabura (Llerena, 2022).

### 2.2.2. Composición nutricional del chocho

Cabe recalcar a su alto contenido de proteína y grasa se lo conoce como soya andina en comparación con otras leguminosas es rico en lisina teniendo de 3 - 14 % de ácidos esenciales de la cantidad total de grasa aumentando el consumo del chocho podría haber una mejora en la salud y nutrición de la población infantil del Ecuador.

A continuación, se presenta la Tabla 1 que muestra la composición química del chocho en sus variedades amargo y desamargado, destacando las diferencias en sus parámetros nutricionales.

Según los resultados mostrados en la tabla de composición química, el chocho en su forma desamargada contiene una proporción más alta de proteínas (51.06 %) y grasas (20.44 %) que el chocho amargo, lo que evidencia su mayor valor nutritivo. Asimismo, el proceso de desamargado reduce notablemente el

nivel de alcaloides, mejorando su calidad y facilitando su consumo. En conjunto, estos datos demuestran que el chocho, sobre todo el desamargado, representa una alternativa alimenticia rica en nutrientes que puede favorecer la salud y nutrición de la población ecuatoriana.

**Tabla 1.** Composición química del chocho

Parámetros	Unidad	Amargo	Desamargado
Proteína	%	41.20	51.06
Calcio	%	0.12	0.42
Grasa	%	12.54	20.37
Humedad	%	9.90	73.63
Materia seca	%	90.10	2.37
Ceniza	%	3.98	2.36
Fibra bruta	%	6.34	7.47
E.L.N	%	30.88	18.73
Alcaloide	%	3.11	0.08
Fósforo	%	0.60	0.43
Magnesio	%	0.24	0.17
Sodio	%	0.01	0.04
Potasio	%	1.13	0.01
Hierro	ppm	73.00	120.00
Manganeso	ppm	37.00	26.00
Zinc	ppm	34.00	50.00
Cobre	ppm	11.00	10.00
Energía bruta	cal/g	5518	5839

**Fuente:** (Rojas, 2021)

### 2.2.3. Producción nacional del chocho

La mayor producción del chocho se da en la provincia de Cotopaxi con un 50.33 % de producción anual. En la Tabla 2 se resume la producción nacional de chocho por provincia, proporcionando una visión clara de las áreas de mayor cultivo

**Tabla 2.** Producción a nivel nacional del chocho

Provincia	Chocho (ha)
Carchi	45
Cotopaxi	2281
Chimborazo	975
Pichincha	425
Imbabura	192

**Fuente:** (INEC, 2022)

Según los datos analizados, la provincia de Cotopaxi destaca como el principal centro productor de chocho en el Ecuador, concentrando alrededor del 50.53 % de la producción total. En contraste, provincias como Chimborazo, Pichincha e Imbabura presentan volúmenes de cultivo menores, mientras que Carchi registra la menor superficie sembrada. Esta distribución muestra que Cotopaxi desempeña un papel fundamental en la producción nacional de esta

leguminosa, consolidándose como una zona estratégica para el desarrollo agrícola del país.

#### 2.2.4. Camote

El camote (*Ipomoea batatas*) es un tubérculo de la familia convulvaceae teniendo más de 600 especies con alto valor nutricional rico en vitaminas y minerales considerado como una de las ocho especies de las Batatas siendo uno de los cultivos alimenticios más importantes del mundo; según la (FAO, 2020) es una raíz con un alto contenido de almidón y caroteno reduciendo la cantidad de colorantes a utilizar cabe recalcar que diversas partes que conforman la planta son comestibles como las hojas, enredaderas y raíces existiendo una gran variedad de camote pero en el Ecuador existe el camote morado.

La Tabla 3 detalla las características botánicas del camote

**Tabla 3.** Características botánicas del camote

<b>Clase</b>	Dicotiledonea
<b>Orden</b>	Tubifloras
<b>Familia</b>	Convolvulaceae
<b>Género</b>	Ipomoea
<b>Especie</b>	Batata

**Fuente:** (Baca, 2016)

El camote (*Ipomoea batatas*) es un tubérculo de alto valor nutritivo, reconocido por su aporte en vitaminas, minerales y carbohidratos. Perteneciente a la familia Convolvulaceae, presenta una amplia diversidad de especies que evidencian su relevancia tanto agrícola como alimentaria a nivel global. En el Ecuador, el camote morado es la variedad más representativa, destacando por sus beneficios nutricionales y por su uso versátil en la dieta y en la elaboración de productos alimenticios, lo que refuerza su importancia dentro del sector agroalimentario nacional. Su composición nutricional proporciona 105 kcal por 100g de porción comestible y sus raíces tienen carbohidratos totales alrededor de 25-30 % de los cuales el 98 % es considerable digestible, proteína de 1.65 %, grasa 0.30 %, cenizas 0,95 % y fibra 3 %, además, contiene una fuente esencial de vitamina C y A, potasio, hierro y calcio, pero también cantidades sustanciales de tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina, piridoxina (B6) (Cantoral Quispe, 2020).

El Ecuador posee características geográficas y climáticas adecuadas para el cultivo de camote existiendo localidades especiales con un clima, altitud y suelo propicio como Carchi, Pichincha, Imbabura, Morona Santiago y Loja. La temperatura óptima para el camote oscila entre 18 a 28 °C, sin embargo, se puede cultivar desde el nivel del mar hasta más de 2000 msnm que requiere de 8-11 horas de sol al día para que realice el proceso de transpiración y fotosíntesis disponiendo de un pH de 4 - 5 y 7 (Vásquez Hernández, 2019).

Según INIAP, el rendimiento por hectárea era de 3.92 toneladas métricas pasó a 8.7 toneladas métricas durante los años 2008 a 2010 la producción del camote ha aumentado desde 2003 en lo que respecta al área cosechada (Burgos Jaramillo, 2023).

#### 2.2.5. Composición nutricional del camote

El camote presenta una composición de carbohidratos compleja, dominada por el almidón en un porcentaje significativo, el cual actúa como la principal reserva energética del tubérculo. Los azúcares libres, como la sacarosa, glucosa y fructosa, también contribuyen a su perfil nutricional y determinan su dulzor natural. Durante el procesamiento térmico, la estructura del almidón experimenta cambios físicos y químicos importantes; específicamente, la cocción induce la formación de maltosa a partir de la degradación del almidón, proceso facilitado por la activación de enzimas naturales.

Para comprender mejor el aporte nutricional del camote, se detalla su composición química en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Composición química del camote

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Proteína	g	1.65
Grasa	g	0.30
Carbohidratos	g	24.28
Agua	g	72.84
Fibra	g	3.00
Cenizas	g	0.95
Hierro	mg	0.50
Calcio	mg	22.00
Fósforo	mg	28.00
Potasio	mg	337.00
Vitamina C	mg	22.70
Vitamina A	mg	14.54

**Fuente:** (INIAP, 2017)

### 2.2.6. Producción nacional del camote

La mayor producción del camote se rige en las provincias que poseen características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo, Manabí es la provincia con mayor productividad de camotes debido a sus zonas tropicales y subtropicales con un 18 % (Folquer, 2019).

La tabla 5 resume la producción de camote en distintas provincias a nivel nacional.

**Tabla 5.** Producción a nivel nacional del camote

Provincia	Camote (ha)
Manabí	397
Morona Santiago	55
Pastaza	78
Cotopaxi	28
Imbabura	80
Chimborazo	29

**Fuente:** (Gómez y Eguiluz, 2017)

### 2.2.7. Composición de aminoácidos esenciales del camote

El camote, además de ser una rica fuente de carbohidratos, también aporta proteínas. Aunque su contenido proteico no es tan elevado como en otras fuentes, las proteínas presentes en el camote contienen aminoácidos esenciales, que son aquellos que nuestro cuerpo no puede producir por sí solo.

La Tabla 6 detalla la composición nutricional de los aminoácidos presentes en el camote, destacando su aporte de proteínas y minerales esenciales:

**Tabla 6.** Composición nutricional de aminoácidos del camote

Contenido	Unidad g/100g
Triptófano	0.03
Treonina	0.08
Isoleucina	0.05
Leucina	0.09
Lisina	0.06
Metionina	0.02
Cisteína	0.02
Fenilalanina	0.08
Tirosina	0.03
Valina	0.08
Arginina	0.05
Histidina	0.03
Alanina	0.07
Ácido. Aspártico	0.38
Ácido glutámico	0.15
Glicina	0.06
Prolina	0.05
Serina	0.08

**Fuente:** (Lim et al., 2016)

### 2.2.8. Snack

Actualmente los cambios de estilo de vida ha incrementado la dieta en adolescentes sobre el consumo de diversos snacks recibiendo críticas por altos niveles de azúcar, sal y grasa para ello un sin número de investigaciones pueden afirmar que los snack son nutritivos cuando su elaboración se basa en frutas, legumbres, tubérculos, cereales y otros, sin embargo, si los snacks nutritivos son fuentes de proteína y energía particularmente para sectores de bajo recursos cuya dieta es deficiente de estos nutrientes en la población infantil. La OMS afirma que la alimentación sana de la población infantil es casi similar a la de un adulto dependiendo de la edad, un alimento saludable para un niño debe evitarse sal y azúcares, pero el consumo de frutas y vegetales son excelentes para una alimentación nutritiva también incentivando el consumo de agua siendo esta una buena alternativa de complemento en los snacks saludables (Mataix, 2019).

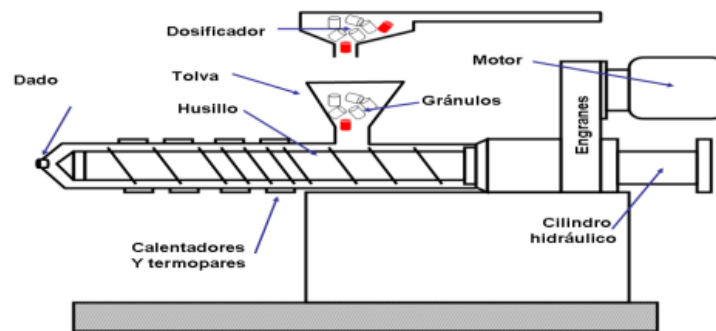
### 2.2.9. Proceso de extrusión

Es una técnica que consiste en un dispositivo encargado de acelerar el proceso de modelado y reestructuración de varios alimentos siendo esta una operación unitaria versátil como el mezclado, amasado, ruptura y cizalla que se pueden aplicar a muchos procesos de alimentos de esta forma la extrusora puede ser usada para cocción, forma, texturizar y moldear siempre y cuando se encuentren bajo condiciones que favorezcan la retención de calidad, alta productividad y bajo costo. Mejorando la calidad del producto a cortos tiempos de cocción con una menor destrucción de nutrientes sensibles al calor, en cambio la cocción por extrusión se la conoce como el proceso encargado de humidificar, expandir almidones y/o proteínas con combinaciones de presión, calor y fricción mecánica provocando una elevación en la temperatura de la masa obteniéndose una gelatinización de almidones y expansión exotérmica (Fisher, 2023).

Durante la extrusión en caliente las mezclas que contengan un alto contenido de almidón a una elevada temperatura intensas fuerzas de cizalladura provocan hinchamientos a la vez adsorción de agua para una gelatinización debido a que su estructura macromolecular se expande, cabe recalcar que las materias primas tengan un adecuado grado de hidrólisis para así maximizar la

expansión del producto final proporcionando un adecuado grado bueno de cocción (Fernandez, 2017).

Los niveles óptimos de humedad utilizados van de 10 a 40% al tener bajos valores de humedad el material se convierte en fluido dentro del extrusor condicionado por características físicas llegan a ser determinantes para la transformación final del material (Fernandez, 2017).



**Figura 1.** Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple

**Fuente:** Fernández, 2017

#### 2.2.10. Factores que influyen en la extrusión

Diversos parámetros como las condiciones de operación del extrusor en las que interviene la temperatura, presión, diámetro de los orificios tanto de la boquilla como la velocidad del tornillo y las propiedades físico-químicas de materias e insumos; su funcionamiento se basa en condiciones adecuadas permitiendo la obtención del producto terminado uniforme con las características deseada ya que si varían las variables genera un cambio total o parcial en el producto terminado (González RJ, 2019).

#### 2.2.11. Condiciones de operaciones que influyen en la extrusión

La temperatura de extrusión varía de 80 a 200 °C dependiendo del tipo de extrusor, por ende, los extrusores con menor capacidad de alimentación tienen relación directa con la temperatura del producto por otro lado los extrusores con mayor capacidad en algunos casos son inversos ya que al momento de calentar la pared disminuye la viscosidad de la masa, el esfuerzo cortante y la capacidad de bombeo del tornillo (Huber G. , 2017).

La presión en el proceso de extrusión genera la pérdida de agua por vaporización generando un producto con bajo actividad de agua (aw) pero

más duradero por el contrario a bajas presiones el producto generado presentará un alto contenido de humedad y densidad que pasará por otro tratamiento como el secado (Huber G. , 2017).

La velocidad del tornillo considerado como un factor indispensable en el proceso de extrusión afectando el tiempo de residencia del producto generando una cantidad de calor por fricción, velocidades de transmisión de calor y fuerzas de cizalladura en el producto causa un incremento de expansión para extruidos (Huber G. , 2017).

A menor diámetro de orificio se ve un incremento en el grado de expansión del producto considerando que la humedad de la mezcla es importante para la crocancia o textura, así como también el incremento del contenido de proteínas en la mezcla reduce las posibilidades de una extrusión con expansión (Huber G. , 2017).

#### 2.2.12. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas

- **Proteína:** los productos con un alto nivel de proteína bajo un proceso de extrusión se lo realizan para controlar los inhibidores del crecimiento que están presentes en las materias primas; se consigue en mínima cantidad los factores antitripsicos y en máxima cantidad a la lisina debido a que es un aminoácido reactivo sometiéndolo a un proceso que no resulte agresivo y afecte a su composición nutricional. Las proteínas son las encargadas de generar elasticidad limitando la expansión del producto extruido controlando los niveles de temperatura durante el tratamiento térmico para disminuir la pérdida de nutrientes y la desnaturalización de la proteína durante la extrusión (Osborne, 2017).
- **Grasas:** reducen la conversión mecánica de energía en el extrusor debido a que actúa como un lubricante, sin embargo, es importante controlar el nivel de grasa ya que puede llegar a debilitar la estructura celular causando porosidades en el producto final. La grasa al ser emulsionada resulta más digerible beneficiando el aumento de la energía del producto teniendo en cuenta que tanto las lipasas como las peroxidasas durante el proceso de extrusión son inactivas porque contribuyen en la mejora de la estabilidad del producto (Bailey, 2020).

- **Azúcares:** al igual que las grasas, los azúcares al ser licuados actúan como lubricantes, reducen la conversión mecánica de energía también el nivel de expansión, pero, si los porcentajes de azúcar son altos requieren mayor tiempo de cocción porque existe una reducción de la actividad de agua (aw) en el extrusor del tornillo sinfín ocasionando un incremento en la viscosidad (Resano, 2022).
- **Almidón:** es la parte principal en el ciclo de extrusión, experimentando cambios que influyen en la textura del producto. Puesto que el almidón es una macromolécula constituida por dos polisacáridos, amilasa, polímero lineal soluble y la amilopectina que contiene ramificaciones promoviendo el inflado en el producto extruido. En la textura, expansión y la digestibilidad gracias al almidón estos se maximizan al 60 % mientras que teniendo porcentajes menores al 60 % repercuten a las características fisicoquímicas y organolépticas del producto extruido, pero, para obtener un producto inflado y quebradizo los niveles van de 5 a 20 % de amilasa (Rolandelli, 2022).
- **Contenido de humedad:** el porcentaje de humedad afecta directamente a la viscosidad aparente, la expansión y resistencia a la rotura del extruido; al tener un alto contenido de humedad y temperatura causa la gelatinización del almidón alcanzando la absorción y solubilidad del agua. Los niveles óptimos del contenido de humedad oscilan entre 10 a 40 %, teniendo valores menores a lo establecido del contenido de humedad del producto después de someterse al proceso de extrusión presenta una mejor crocancia y un mejor secado en menor tiempo (Túpaca, 2017).
- **Tamaño de la partícula:** el tamaño óptimo para productos extruidos no son estándar ya que depende del tipo de extrusor y la configuración del equipo; para ello se debe conocer el diseño que requiera nuestro producto extruido puesto que el tamaño de partícula influye mucho en el procesamiento y se recomienda trabajar tamaños gruesos debido a que estos ayudan a retrasar la gelatinización antes de salir del dado (Túpaca, 2017).

### 2.2.13. Propiedades sensoriales que influyen en la extrusión

Dependiendo del tipo del extrusor existe un cambio en las características sensoriales del alimento, a altas temperaturas el snack perderá cantidad de agua generando la obtención del producto con menor contenido de humedad. Es posible controlar el desarrollo del aroma y color de los diferentes productos extruidos mediante un control riguroso de las condiciones del proceso (Túpaca, 2017).

### 2.2.14. Tipos de extrusores

Se clasifican según del funcionamiento y construcción ya sea mediante frío o calor de tornillo simple o gemelos.

#### 2.2.14.1. Extrusor en caliente de un tornillo

Los extrusores en caliente son equipos utilizados en la transformación de alimentos mediante la aplicación de calor y presión. Durante el proceso, el material se calienta por el contacto con las paredes del cilindro que rodea al tornillo del extrusor, así como por la fricción interna generada por el mismo tornillo. Este calentamiento permite modificar la estructura de las materias primas, especialmente cuando contienen un alto nivel de grasa, la cual actúa como lubricante y facilita el flujo del producto durante la extrusión (Puma Campues, 2019).

Entre los diferentes tipos de extrusores, destacan los extrusores de un tornillo, los cuales se clasifican según la intensidad de la fuerza de cizalladura que ejercen sobre el material. Estos equipos se componen principalmente de tres sistemas: el de extrusión, encargado del transporte y compresión del material; el de transmisión, que impulsa el movimiento del tornillo; y el de calentamiento y enfriamiento, que regula la temperatura del proceso para obtener un producto con las características deseadas (Cliff, 2021).

### 2.2.15. Calidad nutricional de los extruidos

Para tener una pérdida de nutrientes depende de la materia prima, contenido de agua, tiempo y temperatura, pero, las condiciones para una extrusión con cocción y enfriamiento rápido provocan una disminución tanto de vitaminas como aminoácidos esenciales. Algunos beneficios que genera la extrusión son:

la destrucción de factores no nutricionales, gelatinización y reducción de la oxidación de lípidos (Ramachandra, 2017).

#### 2.2.16. Desnaturalización de proteínas

Provoca la alteración o desaparición de sus funciones, además, pierde su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria, pero, conservando la estructura primaria debido a que los niveles de estructura se mantienen ordenada (Huber G. , 2021).

#### 2.2.17. Gelatinización del almidón

Durante el proceso de extrusión el almidón sufre cambios en su estructura afectando a la viscosidad de la masa fundida. El punto inicial de la gelatinización y temperatura es controlado por la concentración del almidón en la suspensión, métodos de observación y tipo granular (Duarte-Casar, 2022).

#### 2.2.18. Ventajas del proceso de extrusión

- Diversas formas, texturas, colores y apariencias del producto extruido.
- Obtención de un amplio surtido de alimentos cambiando una fijación menor o potencialmente las condiciones del proceso.
- Mayor calidad de los productos gracias a un tiempo de cocción más corto y a una menor destrucción de los ingredientes sensibles al calor (Romero Guia, 2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque cuantitativo ya que se recolectaron, analizaron, procesaron y tabularon datos numéricos de las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo experimental, ya que implicó la manipulación controlada de variables durante el proceso, con el fin de evaluar su efecto en la calidad del producto. Además, se realizó la recolección de muestras para su análisis microbiológico, permitiendo verificar su inocuidad y condiciones sanitarias.

#### 3.2. HIPÓTESIS

**Hi:** La mezcla de gritz de chocho y camote y la temperatura influye en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del producto extruido.

**Ho:** La mezcla de gritz de chocho y camote y la temperatura no influyen en las características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del producto extruido.

#### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

##### 3.3.1. Definición de las variables

Variables independientes

- % de gritz de chocho y camote
- Temperatura

Variables Dependientes

- Características fisicoquímicas.
- Características sensoriales.
- Características reológicas.

### 3.3.2. Operacionalización de las variables

En la Tabla 7 se presenta la operacionalización de variables en la cual se detallan las variables independientes y dependientes del estudio

**Tabla 7.** Operacionalización de variables

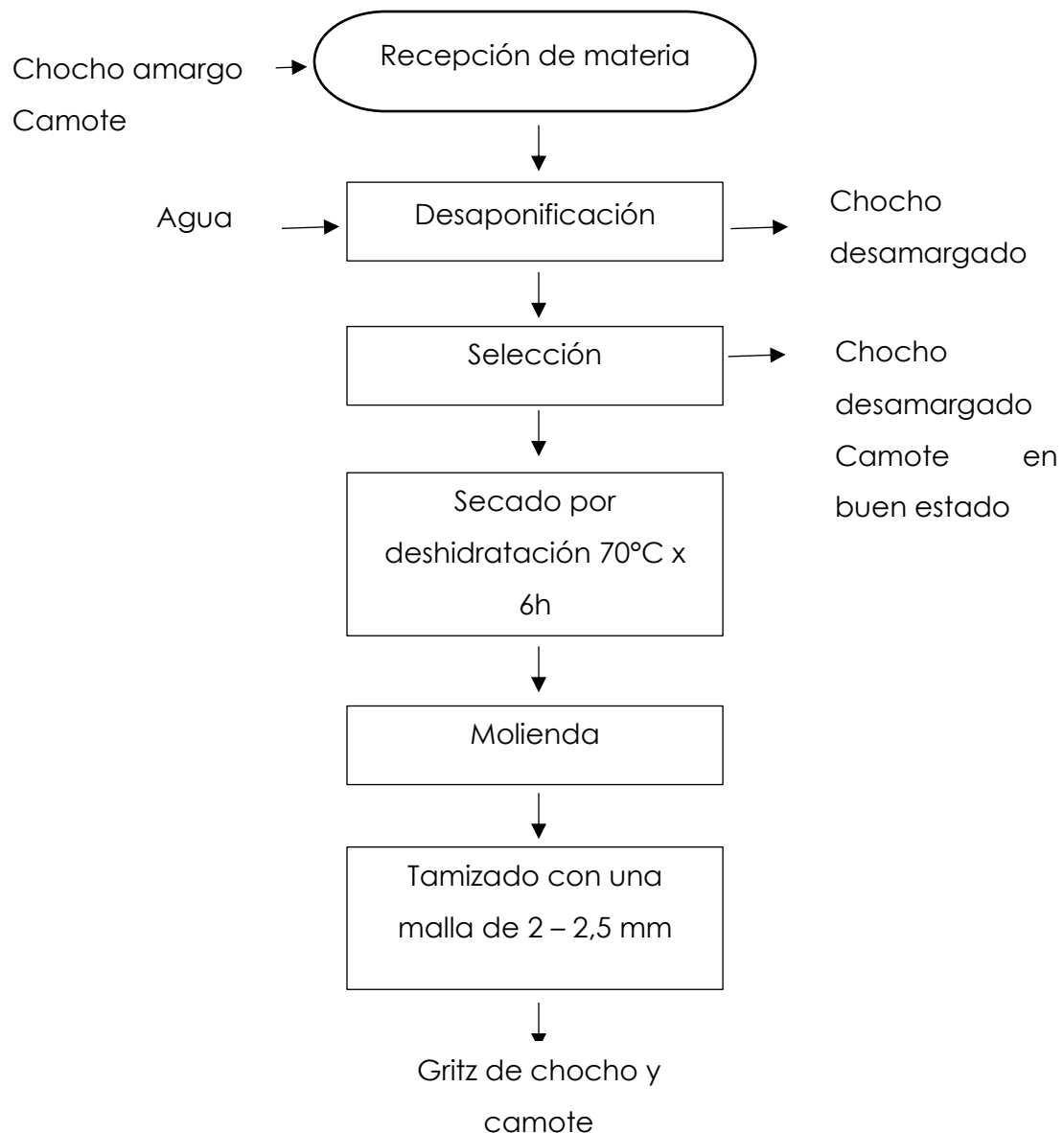
Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independientes		% de griz de chocho y camote	25 - 75 %	Gravimetría	NTE INEN 2051:2013
			50 - 50%		
Independientes		Temperatura	130°C	Termometría	(Fuentes & Zambrano, 2016)
			140°C		
Independientes	Características Físicoquímicas		Carbohidratos	Extracto libre de nitrógeno (ELN)	AOAC 2014.985.25
			Cenizas		
Independientes	Características sensoriales		Humedad	Desecación por estufa	NTE INEN 518
			Proteína		
Independientes	Características sensoriales	Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad	Grasa	Soxhlet	NTE INEN 0523
			Fibra		
Dependientes	Características reológicas		Color, Olor, Sabor, Textura, Aceptabilidad	Escala hedónica de 5 puntos	Hojas de evaluación sensorial
			Fracturabilidad		
Dependientes	Características reológicas		Masticabilidad	ATP	(Talens & Oliag, 2017)
			Dureza		

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

En la presente investigación se utilizó griz de chocho y camote obtenido de un proceso de molienda y tamizado para una mezcla homogénea.

#### 3.4.1. Diagrama de bloques del griz de chocho y camote

En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso de elaboración del producto, detallando las etapas desde la recepción de materias primas hasta su acondicionamiento.



**Figura 2.** Diagrama de flujo para la obtención de griz

#### 3.4.1.1. Descripción del proceso de obtención de gritz

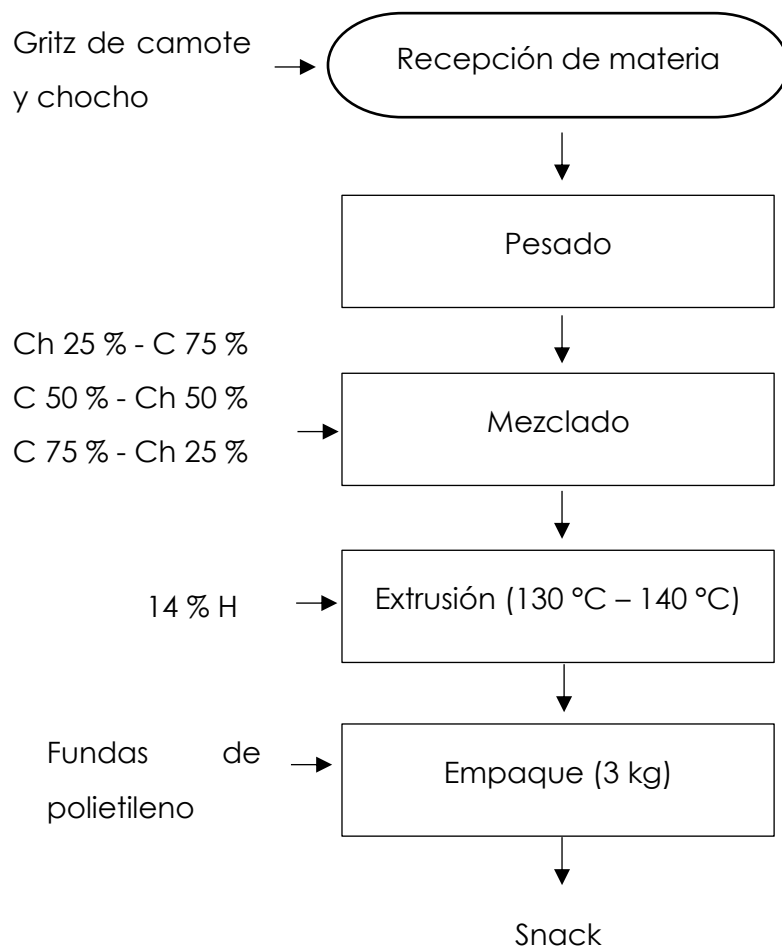
- **Recepción de la materia prima:** se reciben los ingredientes principales que son el chocho amargo y el camote asegurándose de que estén en condiciones adecuadas para el proceso.
- **Desamargado:** El chocho amargo pasa por una etapa de desamargado usando agua, eliminando los compuestos que le dan su sabor amargo. Al finalizar esta etapa, se obtiene chocho desamargado, listo para ser procesado. El camote no requiere este paso adicional.
- **Selección:** Se realiza una inspección visual y manual para separar los ingredientes en buen estado de aquellos que no cumplen con los estándares de calidad. Solo el chocho desamargado y el camote en buenas condiciones continúan en el proceso.
- **Secado por deshidratación:** Los ingredientes seleccionados se someten a un secado controlado a 70 °C durante 6 horas. Esto reduce el contenido de humedad, facilitando la molienda posterior y prolongando la vida útil del producto final.
- **Molienda:** El chocho desamargado y el camote seco se muelen hasta obtener una mezcla más fina y homogénea, acercándose a la textura deseada para el gritz.
- **Tamizado:** La mezcla molida pasa por un tamiz con una malla de entre 2 a 2,5 mm para asegurar que el tamaño de partícula sea uniforme. Se busca lograr un diámetro de partícula final de aproximadamente 2 mm.
- **Producto final:** El resultado es el gritz de chocho y camote, listo para ser utilizado en la elaboración de productos alimenticios.

#### 3.4.2. Diagrama de bloques para la elaboración de un snack extruido

En la figura 3 se presenta el diagrama de bloques del proceso de obtención del extruido, donde se describen las etapas desde la preparación de la mezcla hasta el producto final.

##### 3.4.2.1. Descripción del proceso de elaboración de snack por extrusión

- **Recepción de materia prima:** el gritz de chocho y camote se almacenaron en recipientes herméticos que cumplieran con todos los estándares de calidad y preservación.



**Figura 3.** Diagrama de flujo para la elaboración del snack extruido

- **Pesado:** las materias se pesaron mediante una balanza analítica de acuerdo con los porcentajes establecidos en cada tratamiento.
- **Mezclado:** tras mezclar homogéneamente los gritz de chocho y camote se ajustó su humedad a niveles entre 12 y 15 % para su proceso de extrusión.
- **Extrusión:** durante la fase de extrusión, se ajustaron inicialmente los parámetros de temperatura y velocidad del eje. Posteriormente, se introdujeron las muestras en el área de alimentación de la maquinaria para proceder con la obtención del producto terminado.
- **Empaque:** con el fin de evitar que el producto entre en contacto con la humedad externa el material procesado se almacenó en bolsas de alta seguridad.
- **Almacenamiento:** el producto terminado se almacena a temperatura ambiente.

### 3.4.3. Determinación de carbohidratos totales

El contenido de carbohidratos totales en la muestra se determinó mediante el método de diferencia, una técnica indirecta utilizada en análisis proximales. Este procedimiento consiste en restar del 100 % la suma de los porcentajes obtenidos de los demás componentes: humedad, proteína, grasa y cenizas. De este modo, se estima que el porcentaje restante corresponde al contenido de carbohidratos presentes en la muestra.

El valor se expresa como porcentaje en base húmeda y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Proteína} + \% \text{Grasa} + \% \text{Cenizas})$$

*Ecuación 1*

Dónde:

% H = Porcentaje de humedad en base húmeda

% P= Porcentaje de proteína en base húmeda

% G= Porcentaje de grasa en base seca

% C= Porcentaje de cenizas en base húmeda

Este método permite obtener una aproximación del contenido de carbohidratos disponibles, considerando que los demás componentes han sido previamente cuantificados mediante técnicas analíticas específicas.

### 3.4.4. Determinación de cenizas

Para llevar a cabo la determinación de cenizas, los crisoles de porcelana fueron previamente esterilizados en una estufa a 130 °C durante una hora. Posteriormente, se dejaron enfriar en un desecador por 10 minutos. Luego, se pesó 2 gramo de griz y se colocó en cada crisol. Las muestras se sometieron a una calcinación inicial hasta alcanzar un color negro. A continuación, se introdujeron en la mufla a 550 °C durante 4 horas. Finalmente, se retiraron de la mufla, se dejaron enfriar nuevamente en el desecador y se procedió con el pesaje final.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(P_{cr} - P_{cv})}{P_m} * 100$$

*Ecuación 2*

Dónde:

% C = Porcentaje de ceniza

P<sub>cr</sub> = Peso del crisol con residuo (g)

$P_{cv}$  = Peso del crisol vacío (g)

$P_m$  = Peso de la muestra (g)

#### 3.4.5. Determinación de humedad

La cápsula de porcelana fue esterilizada en una estufa durante una hora. Luego, se dejó enfriar dentro de un desecador, se pesó y se anotó su masa. Posteriormente, se pesaron 2 g de griz, los cuales se colocaron en la cápsula y se registró el nuevo peso. La cápsula con la muestra fue llevada a la estufa a 130 °C por un período de 1 hora. Al finalizar, se dejó reposar en el desecador durante 10 minutos antes de realizar el pesaje final.

$$\%H = \frac{(P_i - P_f)}{m} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

% H = Porcentaje de humedad

$P_i$  = Peso inicial de la cápsula con muestra sin secar (g)

$P_f$  = Peso final de la cápsula con muestra seca (g)

$m$  = Peso de la muestra (g)

#### 3.4.6. Determinación de proteínas

El análisis se llevó a cabo mediante el método de Kjeldahl, el cual se compone de tres etapas principales: digestión, destilación y valoración.

En la fase de digestión, se añadieron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado a un tubo de digestión junto con dos tabletas catalizadoras que contienen sulfato de cobre. Bajo una temperatura de 420 °C, la materia orgánica fue oxidada. Una vez concluida la digestión, la solución adoptó un color azul verdoso claro, indicando la ausencia de partículas carbonosas (GOOD, 2015).

Durante la etapa de destilación, se incorporaron 80 ml de agua destilada al tubo de digestión, generando una solución de tonalidad azul clara. En este paso, el sulfato de amonio se descompuso en amoníaco, el cual, por su carácter volátil, fue arrastrado por vapor hacia un matraz Erlenmeyer de 250 ml que contenía una mezcla de indicadores (rojo de metilo) y una solución de ácido bórico al 4 %, donde fue capturado (GOOD, 2015).

Finalmente, en la etapa de valoración, el amoníaco recogido, en forma de borato de amonio, fue titulado utilizando una solución estandarizada de ácido

clorhídrico 0,0989 N como agente valorante. El punto final se identificó por el cambio de color de la solución de verdoso a rosa pálido. A partir del volumen consumido en la valoración, se calculó el contenido de nitrógeno. que posteriormente se multiplicó por el factor de conversión 6,25 para obtener el contenido total de proteína en la muestra.

$$\% N = \frac{1,4 * (V_i - V_o) * N}{P_m}$$

Dónde:

% N = Porcentaje de nitrógeno

V<sub>i</sub> = Volumen del ácido clorhídrico empleado en la titulación (ml)

V<sub>o</sub> = Volumen del blanco

P<sub>m</sub> = Peso de la muestra (g)

$$\% P = \% N * 6,25$$

*Ecuación 5*

Dónde:

% P = Porcentaje de proteína total

% N = Porcentaje de nitrógeno en el alimento

6,25 = Factor de harinas

### 3.4.7. Determinación de grasa

Para la determinación del contenido de grasa mediante el método Soxhlet, se inició con el pesaje de los vasos extractores vacíos. Posteriormente, se pesaron 2 gramos de muestra, los cuales fueron envueltos en papel filtro y colocados dentro de los dedales de extracción, sellándolos con una capa de algodón en la parte superior. A continuación, se adicionaron 60 mL de hexano como solvente orgánico a cada uno de los vasos.

Los dedales fueron insertados en el equipo Soxhlet, y posteriormente se acoplaron los vasos correspondientes. El proceso de extracción se llevó a cabo durante 3 horas, permitiendo la recirculación continua del solvente. Al concluir este tiempo, los dedales fueron elevados a la parte superior del equipo con las válvulas abiertas para facilitar la recuperación del solvente residual durante 1 hora. Finalmente, las válvulas fueron cerradas y se dejó reposar el sistema durante 10 minutos antes de retirar y pesar nuevamente los vasos, con el fin de cuantificar el extracto graso obtenido.

$$\% Ee = \frac{m_2 - m_1}{P_m} * 100$$

*Ecuación 6*

Dónde:

% Ee = Porcentaje de extracto etéreo

$m_2$  = Peso cazo de extracción con grasa (g)

$m_1$  = Peso cazo de extracción sin grasa (g)

$P_m$  = Peso de la muestra (g)

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.5.1. Tipo de diseño

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de AxB; el número de tratamientos (6) con 3 repeticiones de cada tratamiento, generando 18 unidades experimentales.

#### 3.5.2. Análisis de varianza

La presente investigación se rigió bajo un diseño completamente al azar (DCA). Para el análisis de los datos, se aplicó un ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando un nivel de confianza del 95 %. Esta metodología facilitó la detección de variaciones estadísticas relevantes entre los tratamientos analizados.

Para la experimentación del trabajo de investigación se llevó a cabo diferentes factores y niveles de estudio.

#### Factor A

A1: Gritz de chocho 25 % y 75 % griz de camote.

A2: Gritz de camote 50 % y 50 % griz de chocho.

A3: Gritz de chocho 75 % y 25 % griz de camote.

#### Factor B

B1: Temperatura 130 °C

B2: Temperatura 140 °C

**Tabla 8.** Diseño de tratamientos y combinaciones

Tratamientos	Combinaciones	
T1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Extrusión 130 °C (25 % chocho + 75 % camote)
T2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	Extrusión 140 °C (50 % chocho + 50 % camote)
T3	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Extrusión 130 °C (75 % chocho + 25 % camote)
T4	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	Extrusión 140 °C (25 % chocho + 75 % camote)
T5	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	Extrusión 130 °C (50 % chocho + 50 % camote)
T6	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	Extrusión 140 °C (25 % chocho + 75 % camote)

A continuación, se presentan las proporciones específicas empleadas en el estudio a través de las Tablas 8, 9 y 10. En estas se detallan las formulaciones de las mezclas de gritz de chocho y camote, especificando las cantidades exactas y sus respectivos porcentajes de participación

**Tabla 9.** Formulación de la mezcla (25 % de gritz de chocho – 75 % de gritz de camote)

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gritz de chocho	2.25	25.00
Gritz de camote	0.75	75.00
Total	3.00	100.00

**Tabla 10.** Formulación de la mezcla (50 % de gritz de camote – 50 % de gritz de chocho)

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gritz de chocho	1.5	50.00
Gritz de camote	1.5	50.00
Total	3.00	100.00

**Tabla 11.** Formulación de la mezcla (75 % de gritz de chocho – 25 % de gritz de camote)

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Gritz de chocho	0.75	75.00
Gritz de camote	2.25	25.00
Total	3.00	100.00

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1. Características fisicoquímicas de la materia prima

La Tabla 12 presenta un resumen de los resultados fisicoquímicos de la materia prima, comparando la composición proximal de chocho y camote en cuanto a su contenido de humedad, ceniza, grasa y proteína.

**Tabla 12.** Resultados fisicoquímicos de la materia prima

Materia prima	P-valor				
	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	
Chocho	0.0267	$1.19 \cdot 10^{-6}$	0.0050	$1.66 \cdot 10^{-9}$	
Chocho	$8.03 \pm 0.29^A$	$1.92 \pm 0.01^B$	$1.98 \pm 0.50^A$	$48.71 \pm 0.29^A$	
Camote	$7.30 \pm 0.23^B$	$2.78 \pm 0.03^A$	$0.33 \pm 0.12^B$	$3.61 \pm 0.12^B$	

El análisis fisicoquímico reveló diferencias estadísticamente significativas entre las dos materias primas (Chocho y Camote) en todos los parámetros evaluados. Respecto al contenido de humedad, el chocho presentó un valor superior (8.03 %) al camote (7.30 %). En el caso de la ceniza, el camote mostró un porcentaje significativamente mayor (2.78 %) que el chocho (1.92 %). Para el contenido de grasa, el chocho registró un valor más alto (1.98 %) en comparación con el camote (0.33 %). La diferencia más destacada se observó en el contenido proteico, donde el chocho demostró ser una fuente excepcionalmente rica en proteínas (48.71 %), con un porcentaje superior al encontrado en el camote (3.61 %).

El análisis fisicoquímico del chocho y camote como materias primas indica que resultaron óptimos para la elaboración del snack extruido.

La Tabla 13 presenta los resultados de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para cuatro propiedades de la materia prima: humedad, ceniza, grasa y proteína

**Tabla 13.** Análisis de supuestos para materia prima

Supuestos	Método	Indicador	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
Normalidad	Shapiro-Wilk Normality Test	P-valor	0.5051	0.1772	0.8006	0.6026
		Cumplimiento	Sí	Sí	Sí	Sí
Homogeneidad de varianzas	Levene's Test	P-valor	0.8771	0.6546	0.2184	0.5019
		Cumplimiento	Sí	Sí	Sí	Sí

Los resultados del análisis de supuestos para los componentes de la materia prima indicaron que los datos cumplen una distribución normal, ya que son todos superiores al nivel de significancia de 0.05. El supuesto de homogeneidad de varianzas también se cumplió para todos los componentes evaluados. En consecuencia, los datos para todos los parámetros se analizaron mediante ANOVA y la prueba post hoc de Tukey.

#### 4.1.2. Características fisicoquímicas del snack extruido

**Tabla 14.** Resultados fisicoquímicos del snack extruido

Tratamientos	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Carbohidratos totales (%)	Carbohidratos disponibles (%)
P-valor	$1.4 \cdot 10^{-11}$	0.0975	$5.96 \cdot 10^{-10}$	$1.88 \cdot 10^{-10}$	0.0045	0.0045	0.0045
T1	$9.32 \pm 0.27^A$	$1.01 \pm 0.01^A$	$1.23 \pm 0.13^{BC}$	$15.56 \pm 0.34^A$	$3.11^A$	$60.77^B$	$66.66^B$
T2	$7.94 \pm 0.15^B$	$0.90 \pm 0.04^A$	$0.35 \pm 0.14^D$	$11.41 \pm 0.33^D$	$2.88^{AB}$	$76.52^{AB}$	$73.64^{AB}$
T3	$6.67 \pm 0.30^C$	$0.95 \pm 0.22^A$	$1.47 \pm 0.005^B$	$10.33 \pm 0.30^E$	$2.62^B$	$77.96^{AB}$	$75.34^{AB}$
T4	$7.30 \pm 0.27^{BC}$	$0.68 \pm 0.18^A$	$2.52 \pm 0.13^A$	$14.63 \pm 0.37^B$	$2.77^{AB}$	$72.10^B$	$69.33^B$
T5	$9.54 \pm 0.08^A$	$0.86 \pm 0.02^A$	$1.48 \pm 0.10^B$	$12.69 \pm 0.18^C$	$2.65^{AB}$	$72.78^B$	$70.13^B$
T6	$3.78 \pm 0.27^D$	$0.92 \pm 0.003^A$	$1.16 \pm 0.07^C$	$10.97 \pm 0.18^{DE}$	$2.40^B$	$80.77^A$	$78.37^A$

La Tabla 14 presenta un resumen comparativo de la composición proximal completa de los seis tratamientos de snack extruido, mostrando los valores medios de humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra, carbohidratos totales y carbohidratos disponibles, junto con sus respectivas significancias estadísticas.

#### 4.1.2.1. Humedad

La Tabla 15 presenta el análisis de los supuestos estadísticos y el análisis de varianza para el contenido de humedad del snack extruido. Los datos cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, lo que validó la aplicación de la prueba paramétrica.

**Tabla 15.** Pruebas estadísticas para humedad

<b>Supuestos</b>		Normalidad	Homogeneidad de varianzas		
<b>Método</b>		Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test		
<b>Indicador</b>		P-valor	P-valor		
<b>Humedad</b>		0.3639	0.9298		
<b>Cumplimiento</b>		Sí	Sí		
<b>Prueba estadística</b>		Análisis de varianza			
<b>Fuente</b>	<b>Grado de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Prueba F</b>	<b>P-valor</b>
Tratamientos	5	66.57	13.313	238.9	1.4 · 10 <sup>-11</sup>
Error	12	0.67	0.056		
Total	17	67.24			
C.V. (%)					3.18

El análisis de varianza reveló que existieron diferencias significativas entre los tratamientos en el contenido de humedad (p-valor < 0.05), y la prueba post hoc de Tukey se detalla en la Tabla 16.

El análisis de Tukey mostró diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tratamientos, con valores entre 3.78 % y 9.54 %. El tratamiento T5 registró el mayor contenido de humedad (9.54 %), seguido por T1 (9.32 %), mientras que T2 (7.94 %) y T4 (7.30 %) presentaron valores intermedios. El tratamiento T6 demostró el contenido de humedad más bajo (3.78 %).

**Tabla 16.** Prueba Post-Hoc de Tukey para humedad

<b>Tratamiento</b>	<b>N</b>	<b>Media (%)</b>	<b>Desviación</b>	<b>Grupo</b>
T5	3	9.5373	0.08	A
T1	3	9.3214	0.27	A
T2	3	7.9384	0.15	B
T4	3	7.3045	0.27	BC
T3	3	6.6675	0.30	C
T6	3	3.7809	0.27	D

#### 4.1.2.2. Ceniza

La Tabla 17 presenta el análisis de los supuestos estadísticos y la prueba no paramétrica para el contenido de ceniza del snack extruido. Los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad, pero sí mostraron homogeneidad de varianzas, por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis.

**Tabla 17.** Pruebas estadísticas para ceniza

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas	
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test	
Indicador	P-valor	P-valor	
Ceniza	0.003582	0.5397	
Cumplimiento	No	Sí	
Prueba estadística	Kruskal Wallis		
	$\chi^2 = 9.3041$	df = 5	P-valor = 0.09753

El análisis no paramétrico mostró que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en el contenido de ceniza ( $p > 0.05$ ). La Tabla 18, presenta la media de ceniza con un grupo homogéneo para todos los tratamientos. Los valores de ceniza oscilaron entre 0.68 % (T4) y 1.01 % (T1), pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas entre los tratamientos.

**Tabla 18.** Prueba Post-Hoc para ceniza

Tratamiento	N	Media (%)	Desviación	Grupo
T1	3	1.01	0.01	A
T2	3	0.90	0.04	A
T3	3	0.95	0.22	A
T4	3	0.68	0.18	A
T5	3	0.86	0.02	A
T6	3	0.92	0.003	A

#### 4.1.2.3. Grasa

El análisis del contenido de grasa en los snacks extruidos cumplió con los supuestos analizados, permitiendo la aplicación de un ANOVA como se indica en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Pruebas estadísticas para grasa

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas			
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test			
Indicador	P-valor	P-valor			
Grasa	0.5904	0.6845			
Cumplimiento	Sí	Sí			
Prueba estadística	Análisis de varianza				
Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	5	7.277	1.4553	126.5	$5.96 \cdot 10^{-10}$
Error	12	0.138	0.0115		
Total	17	7.415			
C.V. (%)					7.83

Los resultados mostraron un efecto significativo de los tratamientos sobre el contenido lipídico ( $p < 0.05$ ). La consistencia de los datos quedó reflejada en un coeficiente de variación de 7.83 %, indicando una adecuada confiabilidad en las mediciones realizadas.

**Tabla 20.** Prueba Post-Hoc de Tukey para grasa

Tratamiento	N	Media (%)	Desviación	Grupo
T4	3	2.5156	0.14	A
T5	3	1.4803	0.10	B
T3	3	1.4691	0.005	B
T1	3	1.2387	0.13	BC
T6	3	1.1647	0.07	C
T2	3	0.3543	0.14	D

El análisis de Tukey reveló diferencias en el contenido lipídico entre los tratamientos. El tratamiento T4 presentó el valor más alto de grasa (2.52 %), seguido por los tratamientos T5 (1.48 %) y T3 (1.47 %), que mostraron contenidos similares entre sí. Los tratamientos T1 (1.24 %) y T6 (1.16 %) registraron valores significativamente menores, mientras que el tratamiento T2 demostró el contenido lipídico más bajo (0.35 %). Estos resultados evidenciaron una amplia variabilidad en el contenido graso de los snacks en función del tratamiento aplicado, con valores que oscilaron entre 0.35 % y 2.52 %.

#### 4.1.2.4. Proteína

El análisis del contenido proteico en los snacks extruidos cumplió con los supuestos paramétricos de normalidad y homogeneidad de varianzas, en la Tabla 21. El ANOVA reveló un efecto significativo de los tratamientos sobre la concentración de proteínas ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 21.** Pruebas estadísticas para proteína

Supuestos	Normalidad		Homogeneidad de varianzas		
Método	Shapiro-Wilk Normality Test		Levene's Test		
Indicador	P-valor		P-valor		
Proteína	0.1933		0.98		
Cumplimiento	Sí		Sí		
Prueba estadística		Análisis de varianza			
Fuente	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Prueba F	P-valor
Tratamientos	5	66.30	13.261	154	$1.88 \cdot 10^{-10}$
Error	12	1.03	0.086		
Total	17	67.33			
C.V. (%)					2.33

La baja variabilidad de los datos, con un coeficiente de variación de 2.33 %, confirma la precisión del método analítico empleado para la determinación proteica.

La Tabla 22 presenta los resultados del análisis post hoc de Tukey para el contenido proteico de los diferentes tratamientos de snack extruido.

**Tabla 22.** Prueba Post-Hoc de Tukey para proteína

Tratamiento	N	Media (%)	Desviación	Grupo
T1	3	15.56	0.34	A
T4	3	14.63	0.37	B
T5	3	12.69	0.18	C
T2	3	11.41	0.33	D
T6	3	10.97	0.18	DE
T3	3	10.33	0.30	E

El análisis reveló notables diferencias en la concentración proteica entre las formulaciones. El tratamiento T1 registró el mayor contenido proteico con 15.56 %, seguido del tratamiento T4 con 14.63 %. El tratamiento T5 mostró un valor intermedio de 12.69 %, mientras que los tratamientos T2, T6 y T3 presentaron los contenidos más bajos, con 11.41 %, 10.97 % y 10.33 % respectivamente.

#### 4.1.2.5. Fibra

La Tabla 23 muestra los resultados del análisis de supuestos y la prueba estadística aplicada al contenido de fibra de los tratamientos analizados.

**Tabla 23.** Pruebas estadísticas para fibra

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test
Indicador	P-valor	P-valor
Fibra	$2.982 \cdot 10^{-6}$	NaN
Cumplimiento	No	No
Prueba estadística	$\chi^2 = 17$	Kruskal Wallis df = 5 P-valor = 0.0045

Los datos de fibra no cumplieron con los supuestos de normalidad ni de homogeneidad de varianzas, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El análisis reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), indicando que al menos una formulación presentó un contenido de fibra significativamente diferente a las demás.

La Tabla 24 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el contenido de fibra entre los diferentes tratamientos. El análisis identificó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos específicos. El tratamiento T6 mostró diferencias significativas con T1 y T2. Asimismo, el tratamiento T3 difirió significativamente de T1.

**Tabla 24.** Prueba Post-Hoc de Dunn para fibra

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	0.6969				
	P-valor	1				
T3	Diferencia	2.7877	2.0908			
	P-valor	0.0398	0.2741			
T4	Diferencia	1.3939	0.6969	-1.3939		
	P-valor	1	1	1		
T5	Diferencia	2.0908	1.3939	-0.6969	0.6969	
	P-valor	0.2741	1	1	1	
T6	Diferencia	3.4847	2.7877	0.6969	2.0908	1.3939
	P-valor	0.0037	0.0398	1	0.2741	1

Estos resultados indican que T1 presentó el mayor contenido de fibra, mostrando diferencias significativas principalmente con los tratamientos T3 y T6.

La Tabla 25 presenta los valores medios de contenido de fibra para los diferentes tratamientos, agrupados según su similitud estadística.

**Tabla 25.** Análisis descriptivo para fibra

Tratamiento	n	Media (%)	Grupo
T1	3	3.11	A
T2	3	2.88	AB
T4	3	2.77	AB
T5	3	2.65	AB
T3	3	2.62	B
T6	3	2.40	B

El tratamiento T1 presentó el mayor contenido de fibra con un 3.11 %, seguido por los tratamientos T2 (2.88 %), T4 (2.77 %) y T5 (2.65 %), cuyos valores resultaron estadísticamente similares entre sí. Los tratamientos T3 (2.62 %) y T6 (2.40 %) registraron los menores contenidos de fibra, sin diferencias significativas entre ellos. El análisis confirma que el tratamiento T1 superó significativamente a T3 y T6 en contenido de fibra, mientras que el resto de las formulaciones mostraron valores intermedios sin distinciones estadísticas claras.

#### 4.1.2.6. Carbohidratos totales

La Tabla 26 muestra los resultados del análisis de supuestos y la prueba estadística aplicada al contenido de carbohidratos totales de los snacks extruidos.

**Tabla 26.** Pruebas estadísticas para carbohidratos totales

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test
Indicador	P-valor	P-valor
Carbohidratos totales	4.062 · 10 <sup>-6</sup>	NaN
Cumplimiento	No	No
Prueba estadística	$\chi^2 = 17$	Kruskal Wallis df = 5 P-valor = 0.0045

Los datos de carbohidratos totales no cumplieron con los supuestos de normalidad ni de homogeneidad de varianzas, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El análisis determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), indicando que al menos una formulación presentó un contenido de carbohidratos totales significativamente diferente a las demás.

La Tabla 27 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el contenido de carbohidratos totales entre los tratamientos.

El análisis identificó diferencias estadísticamente significativas en pares específicos de tratamientos. El tratamiento T6 mostró diferencias significativas con T1 y T4.

**Tabla 27.** Prueba Post-Hoc de Dunn para carbohidratos totales

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-2.0908				
	P-valor	0.2741				
T3	Diferencia	-2.7877	-0.6969			
	P-valor	0.0398	1			
T4	Diferencia	-0.6969	1.3939	2.0908		
	P-valor	1	1	1		
T5	Diferencia	-1.3939	0.6969	1.3939	-0.6969	
	P-valor	1	1	1	1	
T6	Diferencia	-3.4847	1.3939	-0.6969	-2.7877	-2.0908
	P-valor	0.0037	1	1	0.0398	0.2741

El análisis identificó diferencias estadísticamente significativas en pares específicos de tratamientos. El tratamiento T6 mostró diferencias significativas con T1 y T4. Asimismo, el tratamiento T3 difirió significativamente de T1. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre los demás pares de tratamientos comparados. Estos resultados indican que T6 presentó el contenido de carbohidratos totales más alto en comparación con T1 y T4, mientras que T3 también mostró un valor significativamente mayor que T1.

La Tabla 28 presenta los valores medios de carbohidratos totales para los diferentes tratamientos, agrupados según su similitud estadística.

**Tabla 28.** Análisis descriptivo para carbohidratos totales

Tratamiento	N	Media (%)	Grupo
T6	3	80.77	A
T3	3	77.96	AB
T2	3	76.52	AB
T5	3	72.78	B
T4	3	72.10	B
T1	3	60.77	B

El tratamiento T6 registró el contenido más alto (80.77 %), seguido por T3 (77.96 %) y T2 (76.52 %), cuyos valores fueron estadísticamente similares entre sí. Los tratamientos T5 (72.78 %), T4 (72.10 %) y T1 (60.77 %) presentaron los menores contenidos de carbohidratos, formando un grupo homogéneo.

#### 4.1.2.7. Carbohidratos disponibles

La Tabla 29 presenta el análisis de los supuestos estadísticos para el contenido de carbohidratos disponibles en los snacks extruidos. Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad ni homogeneidad de varianzas, lo que requirió la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Esta prueba mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), indicando que el contenido de carbohidratos disponibles varió de manera significativa según la formulación utilizada.

**Tabla 29.** Pruebas estadísticas para carbohidratos disponibles

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas	
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test	
Indicador	P-valor	P-valor	
Carbohidratos disponibles	5.485 · 10 <sup>-6</sup>	NaN	
Cumplimiento	No	No	
Prueba estadística	$\chi^2 = 17$	Kruskal Wallis df = 5	P-valor = 0.0045

La Tabla 30 detalla las comparaciones múltiples con la prueba post hoc de Dunn para el contenido de carbohidratos disponibles entre los tratamientos.

**Tabla 30.** Prueba Post-Hoc de Dunn para carbohidratos disponibles

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-2.0908				
	P-valor	0.2741				
T3	Diferencia	-2.7877	-0.6969			
	P-valor	0.0398	1			
T4	Diferencia	-0.6969	1.3939	2.0908		
	P-valor	1	1	0.2741		
T5	Diferencia	-1.3939	0.6969	1.3939	-0.6969	
	P-valor	1	1	1	1	
T6	Diferencia	-3.4847	-1.3939	-0.6969	-2.7877	-2.0908
	P-valor	0.0037	1	1	0.0398	0.2741

El análisis reveló diferencias estadísticamente significativas en pares específicos: el tratamiento T6 difirió significativamente de T1 y de T4, mientras que T3 también mostró una diferencia significativa con T1. Los demás pares de tratamientos no presentaron diferencias estadísticamente significativas, indicando similitud en sus contenidos de carbohidratos disponibles.

La Tabla 31 presenta los valores medios de carbohidratos disponibles para los diferentes tratamientos.

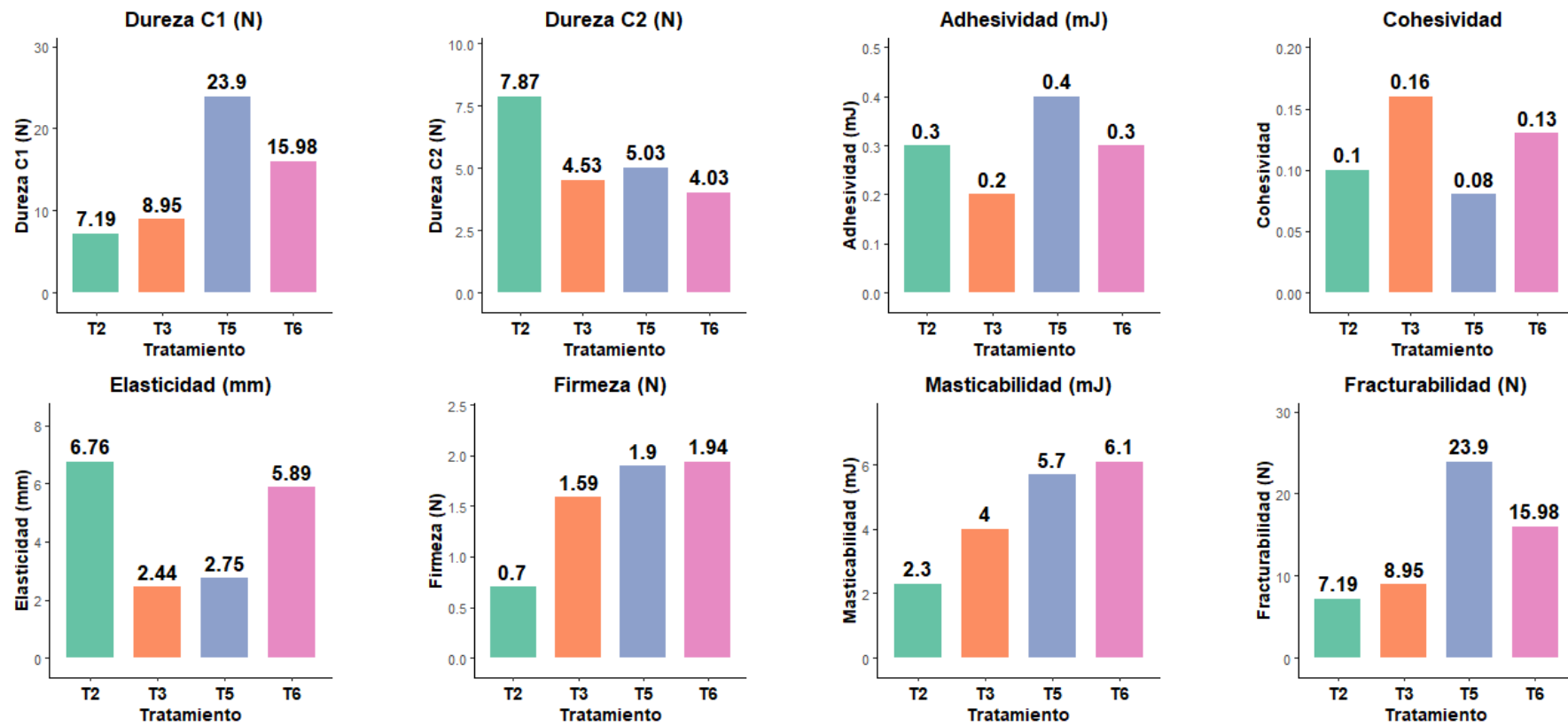
**Tabla 31.** Análisis descriptivo para carbohidratos disponibles

<b>Tratamiento</b>	<b>n</b>	<b>Media (%)</b>	<b>Grupo</b>
T6	3	78.37	A
T3	3	75.34	AB
T2	3	73.64	AB
T5	3	70.13	B
T4	3	69.33	B
T1	3	66.66	B

El tratamiento T6 registró el contenido más alto (78.37 %), seguido por T3 (75.34 %) y T2 (73.64 %), cuyos valores fueron estadísticamente similares entre sí. Los tratamientos T5 (70.13 %), T4 (69.33 %) y T1 (66.66 %) presentaron los menores contenidos de carbohidratos disponibles, formando un grupo homogéneo. Los resultados demuestran que T6 superó significativamente a T1, T4 y T5 en contenido de carbohidratos disponibles, mientras que T1 mostró el valor más bajo del estudio.

#### 4.1.3. Características reológicas del snack extruido

En la Figura 4, se presentan los gráficos correspondientes al análisis de las propiedades reológicas del snack extruido elaborado a base de gritz de camote y chocho. Estas gráficas permiten visualizar de manera comparativa el comportamiento de los diferentes tratamientos en cuanto a dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, firmeza, masticabilidad y fracturabilidad, parámetros fundamentales que determinan la calidad y aceptación sensorial del producto final.



**Figura 4.** Gráficas de los resultados de la textura del snack extruido

El análisis reológico revela diferencias estructurales significativas entre las formulaciones, directamente relacionadas con la composición de la mezcla de griz de camote y chocho. El tratamiento T5 presenta la mayor dureza inicial (23.90 N) y fracturabilidad (23.90 N), indicando una estructura más compacta y crocante, posiblemente asociada a una mayor interacción proteica del chocho con los carbohidratos del camote.

La masticabilidad, muestra valores crecientes desde T2 (2.30 mJ) hasta T6 (6.10 mJ), sugiriendo que formulaciones con mayor proporción de chocho requieren mayor trabajo masticatorio debido al contenido proteico. La elasticidad más elevada en T2 (6.76 mm) podría relacionarse con una mayor proporción de camote, cuyo contenido de almidón contribuye a la flexibilidad de la matriz.

La cohesividad, que refleja la fuerza de los enlaces internos, presenta valores moderados (0.08-0.16), típicos de productos extruidos de cereales y leguminosas. La adhesividad baja en todos los tratamientos (0.20-0.40 mJ) indica una liberación fácil del producto durante la masticación.

#### 4.1.4. Evaluación sensorial

La Tabla 32 presenta un resumen comparativo de los resultados sensoriales de los seis tratamientos de snack extruido, mostrando las medianas de las evaluaciones de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global.

**Tabla 32.** Resultados de la prueba sensorial

Tratamientos	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
T6	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4.5 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>
T3	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>	4 <sup>A</sup>
T2	3 <sup>AB</sup>	3 <sup>B</sup>	4 <sup>B</sup>	3 <sup>B</sup>	4 <sup>B</sup>
T1	3 <sup>B</sup>	3 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>	2 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>
T5	3 <sup>B</sup>	3 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>	2 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>
T4	3 <sup>B</sup>	3 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>	2 <sup>C</sup>	3 <sup>C</sup>

Los tratamientos T6 y T3 demostraron el mejor desempeño sensorial general, obteniendo las puntuaciones más altas en todos los atributos evaluados. El tratamiento T2 mostró un rendimiento intermedio. Los tratamientos T1, T5 y T4 presentaron los menores niveles de aceptación. El atributo de textura resultó ser el más crítico para la aceptabilidad global del producto, observándose que T6 superó a todos los tratamientos en esta característica específica.

#### 4.1.4.1. Color

La Tabla 33 presenta los resultados del análisis estadístico correspondiente a la evaluación sensorial del color en los snacks extruidos de camote y chocho, considerando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

**Tabla 33.** Pruebas estadísticas para el color

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas	
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test	
Indicador	P-valor	P-valor	
Color	0	0.4244	
Cumplimiento	No	Sí	
Prueba estadística	$\chi^2 = 22.416$	Kruskal Wallis df = 5	P-valor = $4 \cdot 10^{-4}$

Los datos de color no cumplieron con el supuesto de normalidad, pero sí mostraron homogeneidad de varianzas. Ante esta condición, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Este resultado indica que las formulaciones presentaron variaciones perceptibles en cuanto al atributo de color, lo que sugiere que la proporción de camote y chocho en cada tratamiento influyó significativamente en esta propiedad sensorial.

La Tabla 34 detalla los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el atributo de color, identificando las diferencias específicas entre los tratamientos evaluados sensorialmente.

**Tabla 34.** Prueba Post-Hoc de Dunn para el color

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-0.7501				
	P-valor	1				
T3	Diferencia	-2.8262	-2.0761			
	P-valor	0.0353	0.2841			
T4	Diferencia	0.4869	1.2369	3.3131		
	P-valor	1	1	0.0069		
T5	Diferencia	0.3457	1.0957	3.1719	-0.1412	
	P-valor	1	1	0.0114	1	
T6	Diferencia	-2.6861	-1.9360	0.1401	-3.1730	-3.0317
	P-valor	0.0542	0.3965	1	0.0113	0.0182

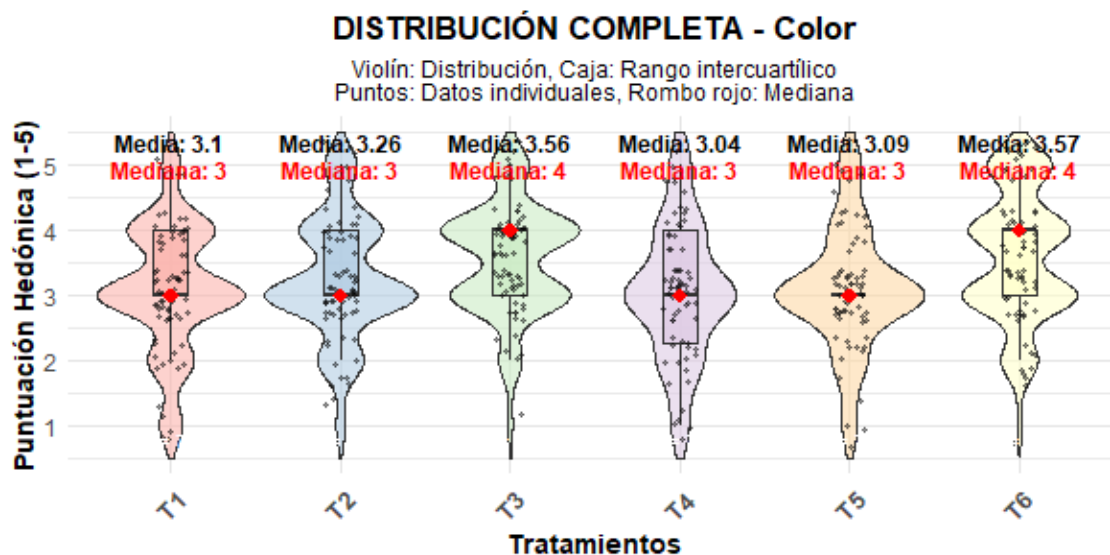
El análisis post hoc reveló diferencias estadísticamente significativas en pares específicos de tratamientos. Los tratamientos con diferencia significativa se presentaron en los pares T1-T3, T3-T4, T3-T5, T4-T6 y T5-T6. La Tabla 35 presenta los valores descriptivos de la evaluación sensorial del color, incluyendo medidas de tendencia central y la agrupación estadística, utilizando una escala hedónica de 5 puntos.

**Tabla 35.** Análisis descriptivo para el color

Tratamiento	N	Media (%)	Mediana	Grupo
T6	70	3.57	4	A
T3	70	3.56	4	A
T2	70	3.26	3	AB
T1	70	3.10	3	B
T5	70	3.09	3	B
T4	70	3.04	3	B

Los tratamientos T6 y T3 obtuvieron las puntuaciones más altas, ubicándose en el rango de "Me gusta moderadamente". El tratamiento T2 presentó una valoración cercana al punto neutro "No me gusta ni me disgusta". Los tratamientos T1, T5 y T4 registraron las puntuaciones más bajas, situándose también en el rango neutro.

La Figura 5 presenta la distribución completa de las valoraciones sensoriales del color mediante un gráfico de violín, el cual combina la visualización de la densidad de probabilidad de los datos con elementos estadísticos descriptivos. Esta representación permitió analizar no solo las medidas de tendencia central, sino también la dispersión y la forma de la distribución de las puntuaciones para cada tratamiento. El gráfico incorpora una caja que muestra el rango intercuartílico, puntos individuales que representan cada evaluación sensorial y un rombo rojo que indica la mediana de cada distribución, proporcionando así una caracterización integral del comportamiento sensorial del color en los diferentes tratamientos de snack extruido.



**Figura 5.** Distribución completa en forma de violín respecto al color

#### 4.1.5.2. Olor

La Tabla 36 presenta los resultados del análisis estadístico correspondiente a la evaluación sensorial del olor en los snacks extruidos de camote y chocho, considerando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

**Tabla 36.** Pruebas estadísticas para el olor

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas	
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test	
Indicador	P-valor	P-valor	
Olor	0	0.3707	
Cumplimiento	No	Sí	
Prueba estadística	$\chi^2 = 48.588$	Kruskal Wallis df = 5	P-valor = 0

Los datos de olor no cumplieron con el supuesto de normalidad, pero sí mostraron homogeneidad de varianzas. Dada esta condición, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Este resultado demuestra que las formulaciones presentaron variaciones perceptibles sustanciales en cuanto al atributo de olor, indicando que la composición específica de cada tratamiento ejerció una influencia determinante en las características olfativas del producto final.

La Tabla 37 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para el atributo de olor, identificando las diferencias específicas entre los tratamientos evaluados sensorialmente.

**Tabla 37.** Prueba Post-Hoc de Dunn para el olor

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-1.8684				
	P-valor	0.4628				
T3	Diferencia	-4.6392	-2.7707			
	P-valor	0	0.0419			
T4	Diferencia	0.3179	2.1863	4.9571		
	P-valor	1	0.2159	0		
T5	Diferencia	-0.1874	1.6811	4.4518	-0.5052	
	P-valor	1	0.6956	0.0001	1	
T6	Diferencia	-4.2307	-2.3623	0.4084	-4.5486	-4.0434
	P-valor	0.0002	0.1362	1	0	0.0004

El análisis reveló diferencias significativas en la percepción del olor entre los pares de tratamientos T1-T3, T1-T6, T2-T3, T3-T4, T3-T5, T4-T6, T5-T6. Estos resultados indican que T3 y T6 presentaron características olfativas significativamente diferentes al resto de los tratamientos, siendo T3 el que mostró mayores diferencias con la mayoría de las formulaciones.

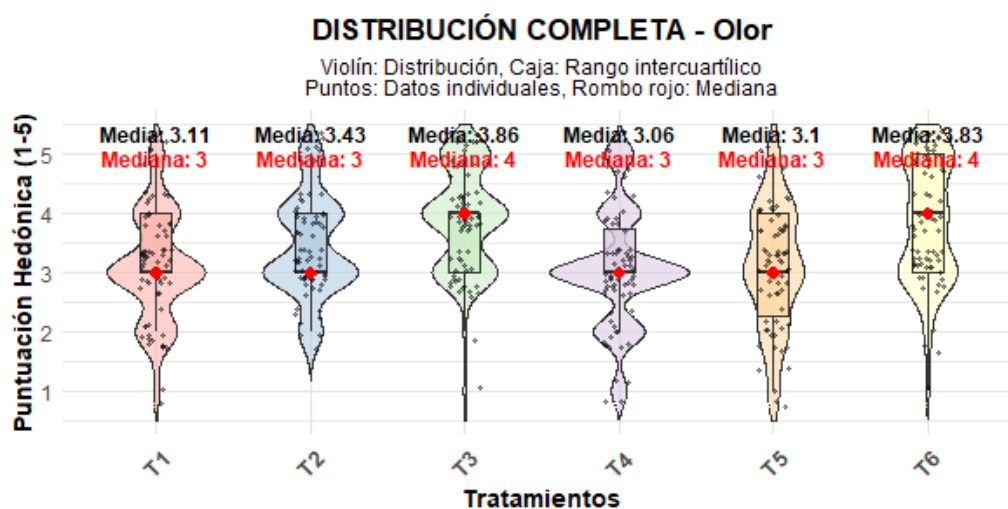
La Tabla 38 presenta los resultados de la evaluación sensorial del olor en los snacks extruidos, utilizando una escala hedónica de 5 puntos.

**Tabla 38.** Análisis descriptivo para el olor

Tratamiento	N	Media (%)	Mediana	Grupo
T3	70	3.86	4	A
T6	70	3.83	4	A
T2	70	3.43	3	B
T1	70	3.11	3	C
T5	70	3.10	3	C
T4	70	3.06	3	C

El análisis revela una clara preferencia por los tratamientos T3 y T6, cuyas puntuaciones se sitúan en el nivel de aceptación positiva. El tratamiento T2 muestra una evaluación intermedia, mientras que los tratamientos T1, T5 y T4 presentan los menores niveles de aceptación, ubicándose en la categoría de indiferencia sensorial.

La Figura 6 muestra la distribución de las valoraciones sensoriales del olor mediante un gráfico de violín.



**Figura 6.** Distribución completa en forma de violín respecto al olor

#### 4.1.5.3. Sabor

La Tabla 39 presenta el análisis de los supuestos estadísticos y la prueba correspondiente para la evaluación sensorial del sabor en los snacks extruidos.

**Tabla 39.** Pruebas estadísticas para el sabor

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test
Indicador	P-valor	P-valor
Sabor	0	0.1636
Cumplimiento	No	Sí
Prueba estadística	$\chi^2 = 149.34$	Kruskal Wallis df = 5 P-valor = 0

Los datos de sabor no siguieron una distribución normal, sin embargo, cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas. La prueba de Kruskal-Wallis detectó diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), evidenciando que la composición de las formulaciones influyó determinantemente en la percepción del sabor por parte de los evaluadores.

La Tabla 40 detalla los resultados de las comparaciones múltiples realizadas para identificar diferencias específicas en la percepción del sabor entre los tratamientos.

El análisis reveló diferencias significativas en el atributo sabor. Los tratamientos T3 y T6 mostraron los perfiles de sabor más distintivos, presentando diferencias significativas con la mayoría de los demás tratamientos. En contraste, los tratamientos T1, T4 y T5 no mostraron diferencias significativas entre sí, formando un grupo homogéneo. Estos resultados destacan la notable influencia de la composición de las materias primas en la percepción del sabor del producto final.

**Tabla 40.** Prueba Post-Hoc de Dunn para el sabor

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-4.5528				
	P-valor	0				
T3	Diferencia	-7.6925	-3.1397			
	P-valor	0	0.0127			
T4	Diferencia	0.2798	4.8326	7.9723		
	P-valor	1	0	0		
T5	Diferencia	-0.0623	4.4905	7.6302	-0.3421	
	P-valor	1	0.0001	0	1	
T6	Diferencia	-7.7293	-3.1765	-0.0369	-8.0092	-7.6671
	P-valor	0	0.0112	1	0	0

El análisis reveló diferencias significativas en el atributo sabor. Los tratamientos T3 y T6 mostraron los perfiles de sabor más distintivos, presentando diferencias significativas con la mayoría de los demás tratamientos. En contraste, los tratamientos T1, T4 y T5 no mostraron diferencias significativas entre sí, formando un grupo homogéneo. Estos resultados destacan la notable influencia de la composición de las materias primas en la percepción del sabor del producto final.

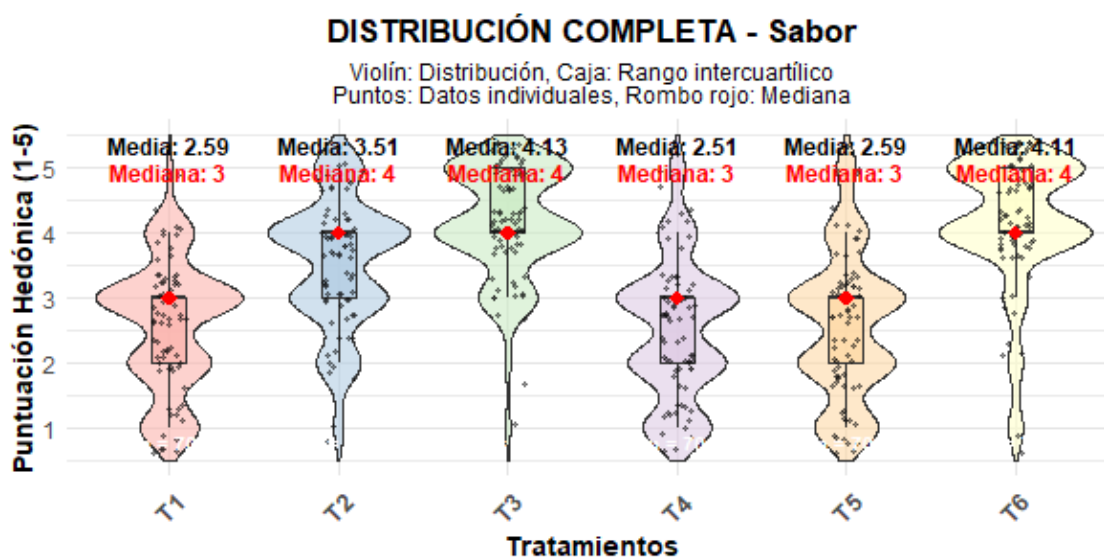
La Tabla 41 resume los resultados de la evaluación sensorial del sabor, presentando las medidas de tendencia central y la agrupación estadística de los tratamientos.

**Tabla 41.** Análisis descriptivo para el sabor

Tratamiento	N	Media (%)	Mediana	Grupo
T3	70	4.13	4	A
T6	70	4.11	4	A
T2	70	3.51	4	B
T1	70	2.59	3	C
T5	70	2.59	3	C
T4	70	2.51	3	C

Los tratamientos T3 y T6 alcanzaron las mayores puntuaciones, ubicándose en el nivel de "Me gusta moderadamente". El tratamiento T2 obtuvo una valoración intermedia, mientras que T1, T5 y T4 registraron las menores puntuaciones, situándose en el rango de "No me gusta ni me disgusta" a "Me disgusta moderadamente". Estos resultados demuestran una clara preferencia por los tratamientos T3 y T6, que superaron significativamente a las demás formulaciones en cuanto a la aceptación del sabor.

La Figura 7 presenta la distribución de las puntuaciones del atributo sabor mediante un gráfico de violín que integra diversas medidas estadísticas.



**Figura 7.** Distribución completa en forma de violín respecto al sabor

#### 4.1.5.4. Textura

La Tabla 42 presenta el análisis de los supuestos estadísticos y la prueba correspondiente para la evaluación sensorial de la textura en los snacks extruidos. Los datos de textura no siguieron una distribución normal, pero cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas. La prueba de Kruskal-Wallis determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 42.** Pruebas estadísticas para textura

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test
Indicador	P-valor	P-valor
Textura	0	0.0649
Cumplimiento	No	Sí
Prueba estadística	$\chi^2 = 156.91$	Kruskal Wallis df = 5 P-valor = 0

La Tabla 43 detalla los resultados de las comparaciones múltiples realizadas para identificar diferencias específicas en la percepción de la textura entre los tratamientos.

**Tabla 43.** Prueba Post-Hoc de Dunn para textura

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-4.6004				
	P-valor	0				
T3	Diferencia	-8.6638	-4.0634			
	P-valor	0	0.0004			
T4	Diferencia	-0.4520	4.1485	8.2118		
	P-valor	1	0.0003	0		
T5	Diferencia	-1.7687	2.8318	6.8951	-1.3167	
	P-valor	0.5771	0.0347	0	1	
T6	Diferencia	-8.7735	-4.1731	-0.1097	-8.3215	-7.0048
	P-valor	0	0.0002	1	0	0

La prueba de Dunn evidenció diferencias significativas en la textura percibida. Los tratamientos T3 y T6 mostraron los perfiles más distintivos, presentando diferencias significativas con la mayoría de las formulaciones. En contraste, los tratamientos T1, T4 y T5 formaron un grupo homogéneo sin diferencias significativas entre ellos. La Tabla 44 resume los resultados de la evaluación sensorial de la textura.

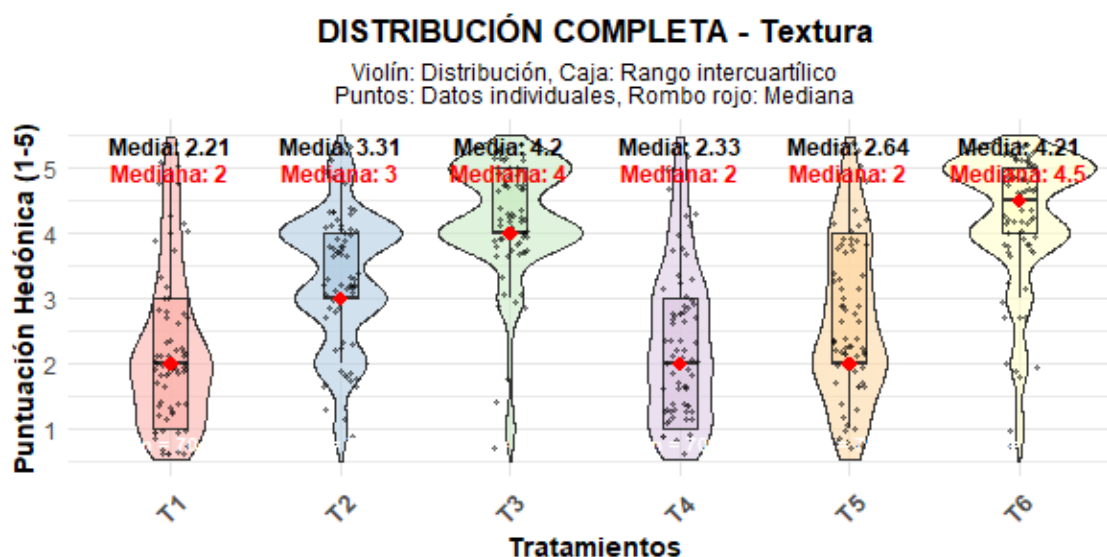
**Tabla 44.** Análisis descriptivo para textura

Tratamiento	N	Media (%)	Mediana	Grupo
T6	70	4.21	4.5	A
T3	70	4.20	4	A
T2	70	3.31	3	B
T5	70	2.64	2	C
T4	70	2.33	2	C
T1	70	2.21	2	C

Los tratamientos T6 y T3 alcanzaron las mayores puntuaciones, ubicándose en el nivel de "Me gusta moderadamente". El tratamiento T2 obtuvo una valoración intermedia, mientras que T5, T4 y T1 registraron las menores puntuaciones, situándose en el rango de "Me disgusta moderadamente".

La Figura 8 presenta la distribución de las valoraciones sensoriales de textura mediante un gráfico de violín que permite examinar comparativamente la

variabilidad, concentración y tendencia central de las puntuaciones asignadas por los panelistas para cada tratamiento, ofreciendo una perspectiva integral del comportamiento sensorial del atributo textura en las diferentes formulaciones del snack extruido.



**Figura 8.** Distribución completa en forma de violín respecto a la textura

#### 4.1.5.5. Aceptabilidad

La Tabla 45 presenta el análisis de los supuestos estadísticos y la prueba correspondiente para la evaluación de la aceptabilidad global en los snacks extruidos.

**Tabla 45.** Pruebas estadísticas para aceptabilidad

Supuestos	Normalidad	Homogeneidad de varianzas
Método	Shapiro-Wilk Normality Test	Levene's Test
Indicador	P-valor	P-valor
Aceptabilidad	0	0.1431
Cumplimiento	No	Sí
Prueba estadística	$\chi^2 = 107.265$	Kruskal Wallis df = 5 P-valor = 0

Los datos de aceptabilidad no siguieron una distribución normal, pero mostraron homogeneidad en las varianzas. La prueba de Kruskal-Wallis reveló diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), indicando que la composición de las formulaciones influyó determinantemente en el nivel de aceptabilidad global percibido por los consumidores.

La Tabla 46 detalla los resultados de la prueba de Dunn para identificar diferencias específicas en la aceptabilidad global entre los tratamientos.

Los resultados indican diferencias significativas en la aceptabilidad global entre las formulaciones. Los tratamientos T3 y T6 mostraron los niveles de aceptabilidad más altos, presentando diferencias significativas con la mayoría de los demás tratamientos.

**Tabla 46.** Prueba Post-Hoc de Dunn para aceptabilidad

Tratamientos		T1	T2	T3	T4	T5
T2	Diferencia	-3.0875				
	P-valor	0.0151				
T3	Diferencia	-6.2049	-3.1174			
	P-valor	0	0.0137			
T4	Diferencia	-0.5986	3.6860	6.8035		
	P-valor	1	0.0017	0		
T5	Diferencia	0.1466	3.2340	6.3515	0.4520	
	P-valor	1	0.0092	0	1	
T6	Diferencia	-6.5876	-3.5001	-0.3827	-7.1862	-6.7342
	P-valor	0	0.0035	1	0	0

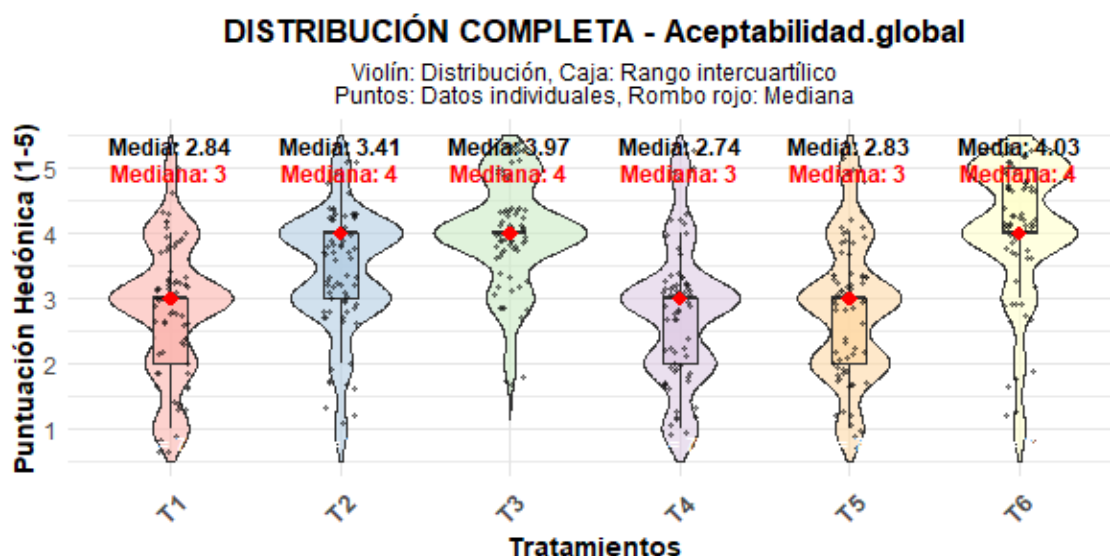
La Tabla 47 resume los resultados de la evaluación de aceptabilidad global.

**Tabla 47.** Análisis descriptivo para aceptabilidad

Tratamiento	N	Media (%)	Mediana	Grupo
T6	70	4.03	4	A
T3	70	3.97	4	A
T2	70	3.41	4	B
T1	70	2.84	3	C
T5	70	2.83	3	C
T4	70	2.74	3	C

Los tratamientos T6 y T3 alcanzaron las mayores puntuaciones de aceptabilidad, ubicándose en el nivel de "Me gusta moderadamente". Mientras que T1, T5 y T4 registraron las menores puntuaciones, situándose en el rango de "No me gusta ni me disgusta". Estos resultados demuestran que los tratamientos T6 y T3 fueron significativamente mejor aceptados por los consumidores en comparación con las demás formulaciones.

La Figura 9 ilustra mediante un diagrama de violín la distribución de los puntajes de aceptabilidad global otorgados por los consumidores a los diferentes tratamientos. Este tipo de representación gráfica permite visualizar simultáneamente la forma de la distribución de frecuencias, la mediana de cada conjunto de datos a través de rombos rojos, el rango intercuartílico mediante cajas internas, y los valores individuales mediante puntos dispersos.



**Figura 9.** Distribución completa en forma de violín respecto a la aceptabilidad global

#### 4.1.5. Análisis microbiológico

El estudio microbiológico tuvo como propósito valorar la calidad sanitaria del snack saludable formulado con griz de camote y chocho. Para ello, se efectuaron recuentos de microorganismos aerobios mesófilos, coliformes totales, así como de mohos y levaduras, considerados parámetros esenciales para determinar la inocuidad del alimento.

**Tabla 48.** Análisis microbiológico del snack extruido

Tratamientos	Aerobios mesófilos	Coliformes totales	Mohos y levaduras
1	$6 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
2	$8,5 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
3	$10,5 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
4	$7 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
5	$9 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$
6	$9 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$

Los resultados obtenidos evidencian que todos los tratamientos se encuentran dentro de los límites microbiológicos establecidos para productos extruidos secos. No se observó presencia de microorganismos indicadores de contaminación o deterioro, lo que demuestra que el proceso de extrusión, junto con las condiciones de manipulación y almacenamiento, fueron adecuados para preservar la inocuidad y estabilidad del snack. Además, los conteos obtenidos en UFC fueron inferiores a los valores de referencia, confirmando que

el análisis se desarrolló correctamente y que el producto cumple con los estándares de calidad microbiológica.

## **4.2. DISCUSIÓN**

### 4.2.1. Características fisicoquímicas de la materia prima

Las materias primas utilizadas, griz de camote (*Ipomoea batatas*) y griz de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), presentaron composiciones fisicoquímicas consistentes con lo reportado en la literatura. El griz de chocho mostró un contenido proteico de 48.71 %, junto con valores de 1.98 % grasa, 8.03 % humedad y 1.92 % ceniza. Estos resultados difirieron de los reportados por Flores (2024), quien reportó valores superiores de proteína 51.07 %, 20.44 % grasa y 2.54 % cenizas en chocho desamargado seco. De manera similar, Huamán et al. (2025) documentaron 52.37 % proteína y 24.17 % grasa en chocho. Las diferencias observadas en el contenido de grasa pueden atribuirse a la etapa de desamargado y al proceso de molienda aplicado, los cuales pueden reducir parte de los lípidos residuales.

Por otro lado, el camote presentó 3.61 % proteína, 0.33 % grasa, 7.30 % humedad y 2.78 % ceniza, valores similares a los registrados por Pérez et al. (2017), quienes reportaron 2.83 % proteína, 0.22 % grasa y 1.25 % ceniza en muestras deshidratadas de camotes. Esta similitud confirma la calidad y estabilidad del almidón del camote empleado como fuente principal de carbohidratos, lo que lo convierte en un excelente complemento energético frente al elevado aporte proteico del chocho. Los contenidos de ceniza, 2.78 % en camote y 1.92 % en chocho, reflejaron una presencia significativa de minerales esenciales, favorable para el desarrollo de un snack nutricionalmente equilibrado.

El control de humedad en ambos ingredientes resultó crucial para garantizar un proceso de extrusión adecuado, dado que niveles superiores al 10 % pueden comprometer la gelatinización del almidón y la expansión del producto final, según lo señalado por Santacruz et al. (2022).

La combinación de un tubérculo rico en carbohidratos y una leguminosa con alta calidad proteica permitió establecer una base balanceada en macronutrientes, óptima para el proceso de extrusión. Desde el punto de vista científico, esta mezcla potencia la complementariedad de aminoácidos esenciales, limitantes en el camote, pero abundantes en el chocho, lo cual

incrementa el valor biológico del producto. En este sentido, los ingredientes constituyen una estrategia viable para el aprovechamiento de cultivos andinos subutilizados, contribuyendo a la diversificación alimentaria y al desarrollo de productos funcionales.

Los resultados obtenidos confirmaron la idoneidad de los gritz de camote y chocho como materias primas adecuadas para la elaboración de productos extruidos de alto valor nutricional, cumpliendo con los requisitos fisicoquímicos necesarios para un proceso de extrusión exitoso y un producto final de calidad.

#### 4.2.2. Características fisicoquímicas del snack extruido

Los resultados fisicoquímicos obtenidos en los snacks extruidos elaborados a partir de la mezcla de gritz de camote y gritz de chocho mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, evidenciando la influencia de la proporción de materia prima y la temperatura de extrusión sobre la composición final del producto.

El contenido de humedad de los snacks varió entre 3.78 % (T6) y 9.54 % (T5), manteniéndose dentro de los límites recomendados para snacks extruidos (4–10 %), según Flores (2019). Sin embargo, la NTE INEN 2561 (2010) estableció un máximo de 5 % de humedad para bocaditos de productos vegetales, los tratamientos T1 (9.32 %) y T5 (9.54 %) superaron este límite, lo que podría atribuirse a su mayor proporción de camote (75 % y 25 %, respectivamente) y a la temperatura de extrusión (130 °C), la cual, al ser menor, pudo favorecer una menor evaporación de agua. Estos resultados coinciden con lo reportado por Flores (2024), quien observó que menores temperaturas de extrusión (110 °C) resultaron en mayores contenidos de humedad (8.67 %) en snacks de maíz, chocho y zanahoria blanca. Por el contrario, el tratamiento T6 (75 % chocho, 25 % camote, extruido a 140 °C) presentó el menor contenido de humedad (3.78 %), lo que sugiere que una mayor proporción de chocho, junto con una temperatura más alta, favorece una mayor pérdida de agua durante el proceso, mejorando la estabilidad del producto.

El contenido de cenizas en los snacks extruidos no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con valores entre 0.68 % y 1.01 %. Esta homogeneidad sugiere una retención mineral uniforme durante el proceso de extrusión, independientemente de las proporciones de materias

primas y temperaturas aplicadas. No obstante, estos valores resultaron notablemente inferiores a los reportados por Huamán et al. (2025) con 1.83 % de cenizas en un extruido de chocho y nuez de pecán, Pérez et al. (2024), quienes obtuvieron contenidos de cenizas entre 3.12 a 3.45 % en snacks de quinua, tarwi y camote, y por Santacruz et al. (2022) con 3.33 % de cenizas en extruidos de maíz y chocho. Esta diferencia puede atribuirse a la composición mineral de las materias primas utilizadas, particularmente al menor aporte mineral del camote en comparación con la quinua, o a variaciones en el proceso de extrusión que pudieron afectar la preservación de componentes inorgánicos.

El contenido de proteína varió entre 10.33 % (T3) y 15.56 % (T1), siendo este último el tratamiento con mayor proporción de chocho (25 %) y camote (75 %), extruido a 130 °C. Este valor es comparable al reportado por Santacruz et al. (2022), quienes obtuvieron 15.75 % de proteína en un snack de maíz y chocho (75:25). No obstante, resultó inferior al rango de 17.33–21.86 % reportado por Pérez et al. (2024) para mezclas de quinua, tarwi y camote, lo cual puede explicarse por la proporción de las mezclas utilizadas. Estos resultados confirman el papel del chocho como una fuente concentrada de proteína de origen vegetal, capaz de enriquecer significativamente productos funcionales.

El contenido de fibra se ubicó entre 2.40 % (T6) y 3.11 % (T1), superando los valores típicos de snacks basados únicamente en maíz, que generalmente no superan el 2 %. Este incremento se atribuye directamente a la inclusión del chocho, cuya composición natural en fibra insoluble contribuye además a la firmeza y estructura del producto. Estos resultados son consistentes con los de Pérez et al. (2024), quienes destacaron el papel de las leguminosas en el aumento de la fibra dietética y la mejora de las propiedades funcionales de los alimentos extruidos, en su investigación obtuvo valores mayores de 3.22 a 4.10 %. Huamán et al. (2025) en su investigación presentó valores inferiores de 1.58 % en el contenido de fibra, por parte de Flores (2024) obtuvo un valor de 2.40 %, resultados que indican que las mezclas son óptimas para el aporte de fibra en el snack extruido.

El contenido de carbohidratos totales presentó variaciones entre 60.77 (T1) a 80.77 % (T6). Los tratamientos con mayor proporción de chocho (T5 y T6) presentaron los contenidos más elevados de carbohidratos con mayor

proporción de camote, lo cual refleja su alta concentración de almidones, tal como lo reportaron Cantoral Quispe (2020) e INIAP (2021). Sin embargo, al analizar los carbohidratos disponibles, se mantiene la misma tendencia, con T6 registrando el valor más alto (78.37 %). Santacruz et al. (2022) reportaron 69.87 % de carbohidratos en su formulación óptima, valor intermedio entre los obtenidos en este estudio, lo que refleja la influencia de la composición específica de cada mezcla en el perfil nutricional final.

La combinación de estos resultados permite concluir que el snack extruido desarrollado posee un perfil nutricional balanceado, con un aporte proteico relevante, bajo contenido graso y un nivel significativo de fibra, lo que lo posiciona como una alternativa saludable frente a los snacks convencionales. Desde una perspectiva tecnológica, la relación entre los ingredientes y las condiciones de extrusión, especialmente la temperatura, demostró ser determinante en propiedades clave como la humedad y la textura, lo cual debe considerarse en futuros desarrollos a escala industrial. La mezcla de griz de camote y chocho, bajo condiciones controladas de extrusión, permite obtener un snack con características fisicoquímicas óptimas, contribuyendo así a la revalorización de cultivos andinos y a la oferta de alimentos funcionales en el mercado ecuatoriano.

#### 4.2.3. Características reológicas del snack extruido

El análisis reológico de los snacks extruidos reveló diferencias de textura significativas entre las formulaciones evaluadas, demostrando la marcada influencia de la composición de la mezcla de griz de camote y chocho sobre las propiedades texturales del producto final. Los valores de dureza inicial (C1) oscilaron entre 7.19 N (T2) y 23.90 N (T5), mostrando una clara tendencia donde los tratamientos con mayor proporción de chocho presentaron valores más elevados. El tratamiento T5 (75 % chocho – 25 % camote, 130 °C) registró la máxima dureza (23.90 N) y fracturabilidad (23.90 N), indicando una estructura más compacta y resistente a la fractura. Este comportamiento puede atribuirse a la mayor interacción proteica del chocho con los carbohidratos del camote durante el proceso de extrusión, formando una matriz más densa y menos expandida. Santacruz et al. (2022) obtuvieron valores de densidad aparente de 0.44 g/mL en su formulación con 25 % de chocho y 75 % de maíz, parámetro

relacionado con la estructura que influye directamente en la dureza del producto.

La masticabilidad, parámetro que cuantifica el trabajo necesario para masticar el alimento hasta el punto de deglución, mostró un incremento progresivo desde T2 (2.30 mJ) hasta T6 (6.10 mJ). Esta tendencia ascendente se correlaciona directamente con el aumento en la proporción de chocho en la formulación, sugiriendo que el mayor contenido proteico de esta leguminosa (48.71 %) incrementa la resistencia a la masticación. Este hallazgo coincide con lo reportado por Pérez et al. (2024), quienes observaron que formulaciones con mayor contenido de tarwi (35 %) presentaron valores de fuerza de ruptura entre 1.25 y 2.83 N, aunque inferiores a los encontrados en este estudio, posiblemente debido a diferencias en la composición específica de las materias primas y parámetros de extrusión utilizados.

La elasticidad, que refleja la capacidad del material para recuperar su forma original después de la aplicación de una fuerza, presentó su valor máximo en T2 (6.76 mm), tratamiento con mayor proporción de camote (75 %). Este resultado sugiere que el almidón del camote, al gelatinizarse durante la extrusión, contribuye significativamente a la flexibilidad de la matriz del producto. Respecto a firmeza se encontró un incremento desde el T2 (0.70 N) al T6 (1.94 N), Huamán et al. (2025) reportaron de firmeza entre 0.46 N y trabajo de crocancia de 0.23 N·mm en sus extruidos de maíz enriquecidos con chocho y nuez pecán, parámetros inferiores a los obtenidos en este estudio, lo que podría explicarse por el efecto plastificante de los lípidos de la nuez en su formulación.

La cohesividad, indicador de la fuerza de los enlaces internos en la estructura del alimento, mostró valores moderados entre 0.08 (T5) y 0.16 (T3), consistentes con lo reportado en la literatura para productos extruidos de cereales y leguminosas. Flores (2024) obtuvo valores de densidad aparente de 0.18 g/cm<sup>3</sup> en su mejor tratamiento con maíz, chocho y zanahoria blanca, parámetro relacionado con la estructura interna del producto que influye directamente en las propiedades reológicas. Además, Pérez et al. (2024) reportaron densidad aparente entre 0.199 y 0.427 g/cm<sup>3</sup> en sus snacks de quinua, tarwi y camote, valores que reflejan una buena expansión y estructura ligera similar a la observada en nuestros tratamientos con mayor proporción de camote.

La adhesividad, que mide la fuerza requerida para superar las fuerzas atractivas entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales, presentó valores bajos en todos los tratamientos (0.20-0.40 mJ), indicando una liberación fácil del producto durante la masticación, característica deseable en snacks extruidos. Este resultado es consistente con lo observado por Huamán et al. (2025), quienes destacaron la importancia de una baja adhesividad para la aceptabilidad sensorial del producto.

Las características reológicas obtenidas confirman que la formulación empleada logra un equilibrio estructural idóneo para snacks extruidos saludables, combinando la expansión aportada por el camote con la firmeza y cohesión del chocho. Este resultado no solo optimiza la textura, sino que también evidencia el potencial tecnológico de ambas materias primas andinas en la generación de productos con propiedades físicas y sensoriales competitivas frente a los extruidos convencionales.

#### 4.2.4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial del snack extruido reveló diferencias significativas en la aceptabilidad entre los tratamientos, demostrando el impacto crucial de la formulación en las propiedades organolépticas del producto. Los tratamientos T6 (75 % chocho – 25 % camote, 140 °C) y T3 (50 % chocho – 50 % camote, 130 °C) alcanzaron las puntuaciones más altas en todos los atributos evaluados, con medianas de 4 en color, olor, sabor y aceptabilidad global, y 4.5 en textura para T6. Estos resultados se ubican en la categoría "me gusta moderadamente", indicando una aceptación sensorial favorable del producto por parte de los consumidores.

En el atributo color, los tratamientos T6 y T3 obtuvieron las mejores valoraciones (medianas de 4), mientras que T1, T4 y T5 registraron las puntuaciones más bajas (medianas de 3). Esta diferencia puede atribuirse al desarrollo de pigmentos por reacciones de Maillard durante la extrusión a mayores temperaturas (140 °C), particularmente en formulaciones con mayor contenido de chocho. Flores (2024) reportó puntuaciones de color de 8.8 en escala de 9 puntos en su mejor tratamiento con maíz, chocho y zanahoria blanca, destacando que la adición de ingredientes andinos mejora la apariencia visual del producto.

El atributo olor mostró un patrón similar, con T3 y T6 alcanzando las mayores puntuaciones (medianas de 4), donde el aroma característico del chocho fue mejor percibido en las formulaciones. Huamán et al. (2025) obtuvieron puntuaciones de aroma de 8.4 en escala de 9 puntos en sus extruidos enriquecidos con chocho y nuez pecán, corroborando que el chocho andino contribuye positivamente al perfil aromático de los productos extruidos.

Respecto al sabor, los tratamientos T3 y T6 destacaron con medianas de 4, mientras que T1, T4 y T5 obtuvieron puntuaciones significativamente menores (medianas de 3). Flores (2024) reportó puntuaciones de sabor de 9.0 en su mejor tratamiento, y destacando que la combinación de materias primas con perfiles sensoriales complementarios contribuye a mejorar la percepción gustativa final. Las formulaciones balanceadas (50-50 % y 75-25 % chocho-camote) lograron un perfil de sabor óptimo al equilibrar las notas dulces del camote con el sabor característico del chocho.

De todas las propiedades sensoriales, la textura fue la que mostró las mayores variaciones entre una formulación y otra, donde el T6 obtuvo la máxima puntuación (mediana de 4.5), seguido por T3 (mediana de 4), mientras que T1, T4 y T5 registraron las valoraciones más bajas (medianas de 2). Esta diferencia coincide con los resultados reológicos, donde T6 mostró valores intermedios de dureza (15.98 N) y alta masticabilidad (6.10 mJ), características asociadas con una textura crocante. Flores (2024), reportó puntuaciones de 8.9 en escala de 9 puntos para el atributo textura en sus mejores formulaciones.

La aceptabilidad global indicó que al T6 y T3 como los tratamientos mejor evaluados (medianas de 4). Es notable que T2, a pesar de tener menores puntuaciones en color (3) y textura (3), alcanzó una aceptabilidad global de 4, sugiriendo que otros factores como el sabor pueden compensar deficiencias en atributos individuales. Santacruz et al. (2022) reportaron alta aceptabilidad general en sus snacks de maíz y chocho, destacando el potencial comercial de este tipo de productos.

Los resultados demuestran que las formulaciones con contenido de chocho entre 50 % y 75 % maximizan la aceptación sensorial, logrando un equilibrio óptimo entre el aporte proteico de la leguminosa y las características organolépticas del camote.

#### 4.2.5. Análisis microbiológico

Según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2085:2005, la cual regula los parámetros microbiológicos de los alimentos procesados, los productos extruidos de tipo seco deben cumplir con límites definidos para aerobios mesófilos, coliformes totales y mohos y levaduras, garantizando así su inocuidad y aptitud para el consumo humano (Pólit, 1992).

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que los valores registrados en todos los tratamientos se ubicaron por debajo de los rangos máximos permitidos por dicha norma. Los conteos reducidos de aerobios mesófilos reflejan una correcta aplicación de las buenas prácticas de manufactura y un control eficiente de las condiciones térmicas durante la extrusión. Del mismo modo, la ausencia de coliformes totales confirma que no existió contaminación de tipo fecal ni deficiencias higiénicas en el proceso. Además, la no detección de mohos y levaduras demuestra la estabilidad microbiológica del producto, evitando posibles deterioros fúngicos durante su almacenamiento (Pólit, 1992).

En síntesis, los resultados permiten concluir que el snack extruido elaborado cumple con los requisitos de calidad e inocuidad establecidos por la norma INEN 2085:2005, lo cual evidencia la eficiencia del proceso tecnológico empleado para obtener un alimento seguro, estable y apto para el consumo humano (Pólit, 1992)

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la formulación T3 compuesta por 50 % de gritz de camote y 50 % de gritz de chocho, procesada a 140 °C, representa la mejor combinación para la obtención de un snack extruido con equilibrio entre calidad nutricional, textura crocante y aceptación sensorial. Dicha formulación presentó los valores más favorables en humedad, contenido proteico y grado de expansión, cumpliendo con los estándares establecidos por las normas técnicas alimentarias vigentes.
- Se evidenció que las condiciones de extrusión, en especial la temperatura y la proporción de materias primas (camote–chocho), influyen de manera significativa en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final. Las temperaturas elevadas (140 °C) propiciaron una disminución en la humedad y una mejora en la textura, mientras que un mayor contenido de chocho incrementó la proteína total y la firmeza del snack.
- Las formulaciones T3 (50–50 %) y T6 (75–25 %) alcanzaron las mejores valoraciones en color, sabor, textura y aceptación global; sin embargo, el tratamiento T3 sobresalió como el de mayor preferencia, seguido por T6. Estos resultados indican que una relación más balanceada entre las materias primas influye positivamente en la percepción sensorial del consumidor. En consecuencia, se evidencia el potencial del producto para su incorporación como un snack nutritivo y competitivo en el mercado nacional.
- Finalmente, se consiguió elaborar un snack extruido a base de gritz de camote y gritz de chocho con propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales adecuadas, validando la viabilidad del proceso de extrusión y cumpliendo con los objetivos e hipótesis de investigación planteados.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere realizar estudios adicionales con otras formulaciones o ingredientes para diversificar el producto y aumentar su aceptación en el mercado.
- Se sugiere evaluar la vida útil del producto mediante estudios de almacenamiento para asegurar su conservación y calidad en el tiempo.
- Finalmente, se recomienda promover el aprovechamiento de cultivos andinos como el chocho y el camote en la elaboración de productos alimenticios innovadores, ya que estos recursos poseen un alto valor nutricional y representan una alternativa sostenible para el desarrollo de alimentos funcionales. El impulso de este tipo de investigaciones puede contribuir al fortalecimiento de la agroindustria local y al fomento de una alimentación más saludable basada en productos tradicionales de la región.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Analuisa-Aroca, I. A.-C.-O. (2021). El beneficio y las limitaciones de la cadena de valor del chochoy camote. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación científico-técnica multidisciplinaria)*, 5(5), 40-61.
- Bailey, A. E. (2020). *Aceites y grasas industriales*. España: Reverte. Obtenido de [https://www.reverte.com/libro/aceites-y-grasas-industriales\\_91646/](https://www.reverte.com/libro/aceites-y-grasas-industriales_91646/)
- Burgos Jaramillo, A. B. (2023). *Manejo agronómico del cultivo de camote (Ipomoea batatas) en el Ecuador*. Babahoyo. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/227950a1-22ff-4b81-99ed-beabaa3efe92/content>
- Cantoral Quispe, E. C. (2020). *Nueva variedad de camote (Ipomoea batatas L. Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales*. Perú: Scientia Agropecuaria. Obtenido de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet-NuevaVariedadDeCamoteIpomoeaBatatasLLamConMejoresC-7428230.pdf>
- Cliff, Z. (2021). *Extrusora de un solo tornillo vs Extrusora de doble tornillo*. USEON. Obtenido de <https://www.useon.es/guide/single-screw-extruder-vs-twin-screw-extruder/>
- Colcha, H. E. (2021). Desnutrición en Niños Menores de 5 Años: complicaciones y manejo a nivel mundial y en Ecuador. *Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento*, 3(1), 345-361. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6796767>
- Duarte-Casar, R. (2022). Gelatinización: Más de lo que Parece. *Revista de Gastronomía y Cocina*. Obtenido de

- <https://academiaculinaria.org/index.php/gastronomia-cocina/article/view/6>
- FAO. (2020). *Programa de Sistemas Agroalimentarios de Camote*. Obtenido de <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1298435/>
- FAO. (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma: FAO. Obtenido de Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ca5ef61c-f764-4308-b752-e9a094bb3cf8/content/cb4476es.html>
- Fernandez, J. (2017). *Estudio de la interacción de los biopolímeros caseína*. México. Obtenido de [Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional] <https://tesis.ipn.mx/>
- Fisher, T. (2023). *Thermo Fisher Scientific Inc*. Obtenido de Thermo Fisher Scientific Inc: <https://www.thermofisher.com/ec/en/home/industrial/food-beverage/food-solutions-rheology-extrusion/food-design-extrusion.html>
- Flores, J. (2024). *Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y de textura en la mezcla de maíz (Zea mays), chocho (Lupinus mutabilis) y zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) en el snack*. Obtenido de Repositorio UTN: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9782>
- Flores, L., Jongerden, J., & Ruivenkamp, G. (2022). *El viaje del chocho, una semilla ancestral: gentes y paisajes que albergan su camino*. Cotopaxi: Asociación Latinoamericana de Antropología. Obtenido de [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22486/4/Antropologi%C%81as%20hechas%20en%20Ecuador%20Tomo%20I%20%2810\\_mayo\\_2022%29%20interactivo%20%281%29.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22486/4/Antropologi%C%81as%20hechas%20en%20Ecuador%20Tomo%20I%20%2810_mayo_2022%29%20interactivo%20%281%29.pdf)
- Folquer, F. (2019). *La batata (camote) estudio de la planta y su producción comercial*. Hemisferio Sur. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/items/cbf91e2c-2fae-4cd2-940d-bd1960f4e8e8>
- Fuentes, A., & Zambrano, H. (2016). *Efecto de la temperatura y velocidad de rotación del tornillo en el proceso de extrusión de maíz, quinua y avena para la elaboración de harina pregelatinizada*. Doctoral dissertation, Zamorano.

- García. (2021). *Estudio de cultivos andinos en el Ecuador*. Chimborazo: INIAP. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5730>
- González RJ, D. G. (2019). *Effects of endosperm hardness and extrusion temperature on properties of products obtained with grits from two commercial maize cultivars*. *Food Sc and Technology/LwT*.
- Guy, R. (2023). *Extrusion cooking: technologies and applications*. Woodhead Publishing. Obtenido de <https://www.fie.com.au/second-edition-spanish-extrusion-table-of-contents>
- Huamán, K., Gonzales, S., Rimari, R., Hidalgo, D., Carvalho, C., Sylva, R., . . . Comettant, R. (2025). Nutritious corn extrudates enriched with Andean Lupin and pecan nut: Physicochemical, textural, nutraceutical and sensory properties. *ELSEVIER*, 2018. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117489>
- Huber, G. (2017). *Developments and Trends in Extruded Snacks*. *Extruders in Food Applications* (2.ª ed., pp. 159-183). CRC Press; Taylor & Francis Group. Obtenido de <https://www.fie.com.au/second-edition-spanish-extrusion-table-of-contents>
- Huber, G. (2021). *Extrusion-Cooking Techniques*. Springer Nature (anteriormente publicado por Van Nostrand Reinhold/Springer US). Obtenido de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-1477-6\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-1477-6_7)
- INIAP. (2021). *Cultivo de camote en Ecuador*. Portoviejo. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9138672>
- Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Revista Qualitas*, 24(24), 066-075. Obtenido de <https://revistas.unibe.edu.ec/index.php/qualitas/article/view/149>
- Mataix, J. (2019). *Nutrición y Alimentación Humana: Nutrientes y*. Barcelona: Oceano (bajo licencia de Ergon). Obtenido de <https://libros.ergon.es/wp-content/uploads/primeras-paginas/978-84-8473-664-6.pdf>
- Morales, J. (2021). *Análisis económico de cultivos andinos presentes en las provincias de Imbabura y Carchi - Ecuador*. UTN. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/browse?type=author&value=Agronegocios+Aval%C3%BAos+y+Catastros>

- NTE INEN 2561. (2010). *Bocaditos de productos vegetales. Requisitos*. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://es.scribd.com/document/464130507/2561>
- OMS. (2022). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Malnutrición: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
- Osborne, E. (2017). *Proteínas de las harinas: clasificación y propiedades funcionales*. Temas de Ciencia y Tecnología. Obtenido de [https://mixteca.utm.mx/edi\\_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf](https://mixteca.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf)
- Pérez, K., Peñafiel, C., & Delgado, V. (2024). Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4(8), 377-388. doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>
- PMA. (2022). *Programa Mundial de Alimentos. Serie de Informe sobre el hambre en el mundo*. Roma: Naciones Unidas. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/items/bf2729d9-4605-4cbe-9ac3-7d66c61c4e00>
- Pólit, P. (1992). *Métodos de análisis de productos extruidos*. Quito: Instituto de Investigación Tecnológica - Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2351/1/CD-3098.pdf>
- Puma Campues, G. Y. (2019). *Diámetro de la boquilla del extrusor en el proceso de extrusión*. Obtenido de [Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte] <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9784/3/03%20EIA%20489%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Resano, D. G. (2022). Caracterización fisicoquímica del azúcar industrial y artesanal. *Información Tecnológica*, 247-258. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000200247&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000200247&script=sci_abstract)
- Rolandelli, G. G.-P.-L. (2022). *Extrusión para el desarrollo de alimentos innovadores: caso de productos a base de tubérculos*. Ediciones INTA, EEA San Pedro. Obtenido de <https://biblio.ugent.be/publication/01JTNGJ0XXZBNWF566GS01DE26>

- Romero Guia, M. (2018). *Proceso de extrusión de alimentos*. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/3f8f30cf-2b16-4c46-9451-8668e08a509b>
- Santacruz, S., Cadena, C., & Yáñez, S. (2022). Elaboración de un snack salado extruido expandido a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y maíz. *ESPAMCIENCIA para el agro*, 13(1), 32-38. doi:[https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v13i1.223](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i1.223)
- Santanilla, E. F. (2024). *Producción orgánica de cultivos andinos*. CAMBIO CLIMÁTICO, vol. 137. Obtenido de [https://redbibliotecas.quito.gob.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=49957&query\\_desc=au%3A%22Suquilanda%20Valdivieso%2C%20Manuel%20B%22](https://redbibliotecas.quito.gob.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=49957&query_desc=au%3A%22Suquilanda%20Valdivieso%2C%20Manuel%20B%22)
- Talens, P., & Oliag, G. (2017). *Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/eb87084f-e668-4c7a-91d1-caaa79f0790e/content>
- UNICEF. (2023). *El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia*. Obtenido de UNICEF en Ecuador: <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil>
- Unicef. (2023). *UNICEF*. Obtenido de Situación de la niñez en Ecuador: <https://www.unicef.org/ecuador/informes/situaci%C3%B3n-de-la-ni%C3%B1ez-y-adolescencia-en-el-ecuador>
- Vásquez Hernández, L. D. (2019). *Identificación de áreas prioritarias para la conservación de Ipomoea batatas (L.) Lam. en el Ecuador*. Obtenido de [Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Digital UCE <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a7efc51c-4545-4ab6-b3ca-4ba81e1c5106/content>
- Vizueta, P., & Rojas, M. (2022). Estudio de aceptabilidad y factibilidad comercial de snacks extruidos a base de cultivos andinos para el mercado escolar. *Scientia Agropecuaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357653912009.pdf>

## VII. ANEXOS

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

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**

**CARRERA DE ALIMENTOS**

**ACTA**

**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR CON ENFOQUE EN INVESTIGACIÓN**

ESTUDIANTE:	MENDEZ SANTILLAN WEIDY SUZEY	CÉDULA DE IDENTIDAD:	172727168
PERIODO ACADÉMICO:	2026A		
PRESIDENTE TRIBUNAL:	PHD. GUALBERTO GERARDO LEON REVELO	DOCENTE TUTOR:	PHD. FRANCISCO JAVIER DOMINGUEZ RODRIGUEZ
DOCENTE:	PHD. WASHINGTON ORLANDO MENESES QUELAL		

**TEMA DEL TIC:** "Elaboración de un snack extruido de la mezcla de grilz de camote (pommea batatas) y grilz de chocho (Lupinus mutabilis Sweet"

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,00	Reestructurar el problema y reformular los objetivos en función de los resultados obtenidos.
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	Correlacionar los antecedentes de la investigación con los resultados.
3	METODOLOGÍA	7,00	Definir el enfoque y mejorar la operacionalización de las variables
4	RESULTADOS	6,67	Hacer énfasis de los resultados principales.
5	DISCUSIÓN	6,33	Robustecer la discusión evidenciando los aportes a las variables analizadas.
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	Incluir las recomendaciones y robustecer las conclusiones en función de los objetivos.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	Mostrar mayor seguridad y utilizar lenguaje técnico.
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7,00	Revisión exhaustiva en función del formato.

Obteniendo una nota de: **7,00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 66.- De la aprobación de la pre defensa del informe final de TIC.- El estudiante deberá obtener una nota mínima de 7/10; al finalizar el proceso de pre-defensa se procederá a levantar el acta correspondiente. En el caso de aprobar con observaciones el estudiante deberá adjuntar el informe final de cumplimiento de observaciones y recomendaciones emitido por el Tribunal previo a la defensa final en un término máximo de 10 días.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 16 de marzo de 2026**

  
PHD. GUALBERTO GERARDO LEON REVELO  
PRESIDENTE TRIBUNAL

  
PHD. FRANCISCO JAVIER DOMINGUEZ RODRIGUEZ  
DOCENTE TUTOR

  
PHD. WASHINGTON ORLANDO MENESES QUELAL  
DOCENTE

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



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND  
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
<b>NAME:</b> Méndez Santillán Wendy Sugey				
<b>DATE:</b> Jueves, 2 de abril de 2026				
<b>Topic:</b> "Development of an extruded snack from a blend of sweet potato grits (Ipomoea batatas) and lupin grits (Lupinus mutabilis Sweet)"				
<b>MARKS AWARDED</b>		<b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		<b>TOTAL 9</b>	



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

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

**Autor:** Méndez Santillán Wendy Sugey

**Fecha de recepción del abstract:** Miércoles, 01 de abril de 2026

**Fecha de entrega del informe:** Jueves, 2 de abril de 2026

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 CIDEN

### Anexo 3. Análisis reológicos



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

Certificado No: 25-069

Pág. 2 de 3

Producto	Código	Tratamiento	Propiedad	Unidad	Valor	
Chitos	06925194	Tratamiento 4	Textura			
			Dureza (Ciclo 1)	Brookfield	N	8,78
			Adhesividad		mJ	0,30
			Dureza (Ciclo 2)		N	2,12
			Cohesividad		Adimensional	0,07
			Elasticidad		mm	11,26
			Firmeza		N	0,65
			Masticabilidad		mJ	6,10
			Fracturabilidad		N	8,78
Chitos	06925195	Tratamiento 5	Textura			
			Dureza (Ciclo 1)	Brookfield	N	7,92
			Adhesividad		mJ	0,60
			Dureza (Ciclo 2)		N	2,93
			Cohesividad		Adimensional	0,08
			Elasticidad		mm	2,34
			Firmeza		N	0,66
			Masticabilidad		mJ	1,70
			Fracturabilidad		N	7,92
Chitos	06925196	Tratamiento 6	Textura			
			Dureza (Ciclo 1)	Brookfield	N	7,97
			Adhesividad		mJ	0,40
			Dureza (Ciclo 2)		N	3,39
			Cohesividad		Adimensional	0,1
			Elasticidad		mm	3,31
			Firmeza		N	0,82
			Masticabilidad		mJ	2,80
			Fracturabilidad		N	7,97
Chitos	06925197	Tratamiento 7	Textura			
			Dureza (Ciclo 1)	Brookfield	N	7,19
			Adhesividad		mJ	0,30
			Dureza (Ciclo 2)		N	7,87
			Cohesividad		Adimensional	0,1
			Elasticidad		mm	6,76
			Firmeza		N	0,7
			Masticabilidad		mJ	2,30
			Fracturabilidad		N	7,19
Chitos	06925198	Tratamiento 8	Textura			
			Dureza (Ciclo 1)	Brookfield	N	8,95
			Adhesividad		mJ	0,20
			Dureza (Ciclo 2)		N	4,53
			Cohesividad		Adimensional	0,16
			Elasticidad		mm	2,44
			Firmeza		N	1,59
			Masticabilidad		mJ	4,00
			Fracturabilidad		N	8,95





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

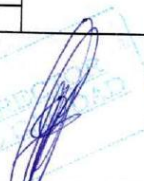
Certificado No: 25-069

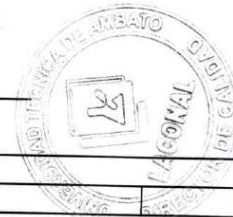
Pag. 13 de 3

Producto	Código	Tratamiento	Textura		
			Unidad	Valor	
Chitos	06925199	Tratamiento 9	Dureza (Ciclo 1)	N	23,9
			Adhesividad	mJ	0,40
			Dureza (Ciclo 2)	N	5,03
			Cohesividad	Adimensional	0,08
			Elasticidad	mm	2,75
			Firmeza	N	1,9
			Masticabilidad	mJ	5,70
			Fracturabilidad	N	23,9
Chitos	06925200	Tratamiento 10	Dureza (Ciclo 1)	N	15,98
			Adhesividad	mJ	0,30
			Dureza (Ciclo 2)	N	4,03
			Cohesividad	Adimensional	0,13
			Elasticidad	mm	5,89
			Firmeza	N	1,94
			Masticabilidad	mJ	6,10
			Fracturabilidad	N	15,98

Conds. Ambientales: 19,5°C; 52,2%HR

Nota: Se adjuntan 220 hojas de respaldo

  
 Ing. Gladys Risueño  
 Directora de Calidad



Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 05 de Agosto de 2025



Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

*"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".*



## Anexo 4. Análisis del perfil nutricional

	<b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA</b> <b>DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD</b> <b>LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS</b> Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		<b>MC-LSAIA-2201</b> <b>Rev. 10</b>
---	--	---	--

**INFORME DE ENSAYO N°:25-0096**

**\*\*NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Srta. EMELY ARIAS ALMEIDA  
**\*\*DIRECCIÓN:** QUITO / PICHINCHA  
**FECHA DE EMISIÓN:** 2025-07-21  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 11 al 21 de julio del 2024  
**ANÁLISIS SOLICITADOS** Fibra

**\*\*INSTITUCIÓN:** PARTICULAR  
**\*\*ATENCIÓN:** Srta. EMELY ARIAS ALMEIDA  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 2025-07-11  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 14:00h

**RESULTADO DE ANALISIS**

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Snack extruido T 1	25-0581	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	8,75	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 1	25-0581	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	3,11	%
HUMEDAD	Snack extruido T 2	25-0582	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	7,50	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 2	25-0582	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,88	%
HUMEDAD	Snack extruido T 3	25-0583	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	6,42	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 3	25-0583	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,62	%
HUMEDAD	Snack extruido T 4	25-0584	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	6,38	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 4	25-0584	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,77	%
HUMEDAD	Snack extruido T 5	25-0585	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	8,80	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 5	25-0585	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,65	%
HUMEDAD	Snack extruido T 6	25-0586	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	3,69	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 6	25-0586	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	2,40	%
HUMEDAD	Snack extruido T 7	25-0587	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	6,57	%
FIBRA <sup>Q</sup>	Snack extruido T 7	25-0587	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	1,86	%