



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

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

#### PROYECTO DE DESARROLLO

**Título:**

---

"Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios"

---

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

**Autor:**

Ing. Albán Rodríguez Arturo Alejandro

**Tutora:**

Ing. Araceli Alexandra Pilamala Rosales M.Sc.

**LATACUNGA –ECUADOR**

**2023**


## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Titulación “Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios” presentado por Albán Rodríguez Arturo Alejandro, para optar por el título Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

### CERTIFICO

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

Latacunga, junio, 16, 2023



.....  
Ing. Araceli Alexandra Pilamala Rosales M.Sc.  
CC: 1804155297

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios”, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, agosto, 03, 2023

.....  
Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa Mg.  
CC: 0501773931  
Presidente del tribunal

.....  
Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán Mg.  
CC: 0503352122  
Lector 2

.....  
Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes Mg.  
CC: 0501511604  
Lector 3

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo y dedicación marcan un camino de éxito y enseñanza a quien decide seguirlo. La perseverancia y la disciplina son aliados estratégicos para el éxito.

Este trabajo esta de dedicado a Dios quien una vez más a colmado de bendiciones el camino en el que me encuentro, para seguir cumpliendo mis sueños, metas y desarrollo profesional y personal. Y a mis queridos padres, Carlos y Norma por ser la columna vertebral en toda mi formación. Todo esto es por ustedes y para ustedes.

*Arturo Alejandro*

# AGRADECIMIENTO

A Dios que, con su infinita sabiduría, bendice y guía mi camino para cumplir todas la metas y sueños propuestos.

A mis padres Carlos y Norma que con su apoyo, enseñanza y consejos han inculcado un hambre insaciable de superación y búsqueda de mejora continua.

A mi querido hermano Carlos que, gracias a sus palabras de aliento en momentos difíciles, ha motivado a seguir adelante y no tirar la toalla.

A mi amada Giovanna, futura esposa, novia, enamorada y amiga incondicional, que, con su comprensión, cariño y respeto, demuestra que estando juntos somos invencibles y podemos progresar, a pesar de las circunstancias.

A la empresa Nintanga S.A.S, a todo el personal humano y administrativo que lo conforman, especialmente a mi estimada Ing. Barbará Muirragui, que más que mi superior, se ha convertido en guía y apoyo, para poder seguir aportando con mis conocimientos y experiencias a las funciones que se me han encomendado. Tengan la seguridad que siempre brindaré el 100% de mis capacidades.

A mis estimadas guías académicas, Araceli y Clara Elena que con su capacidad, vocación y paciencia encaminaron esta investigación, debido a que al generar un producto innovador y con características únicas, fortalecen el sueño de sumar un producto nuevo a mi emprendimiento que se encuentra en marcha.

Finalmente, agradecer al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) – Estación Experimental Santa Catalina – Departamento de Nutrición y Calidad, sus integrantes y especial mención al Ing. Javier Álvarez por la colaboración y guía asistida en los diversos equipos e instalaciones utilizadas durante el desarrollo de la presente investigación.

Gracias totales.

Arturo Alejandro Albán Rodríguez

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

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

Latacunga, junio, 16, 2023



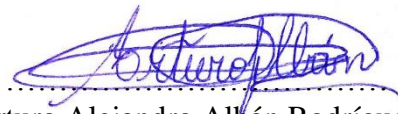
Arturo Alejandro Albán Rodríguez

CC: 0502765076

## RENUNCIA DE DERECHOS

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

Latacunga, junio, 16, 2023



Arturo Alejandro Albán Rodríguez

CC: 0502765076

## AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, agosto, 03, 2023



.....  
Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa Mg.  
CC: 0501773931



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

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

**Título:** Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios.

**Autor:** Albán Rodríguez Arturo Alejandro

**Tutor:** Ing. Araceli Alexandra Pilamala Rosales M.Sc.

### RESUMEN

La tendencia global hacia alimentos nutritivos e innovadores ha impulsado la búsqueda de alternativas tecnológicas en la industria alimentaria. Una alternativa es la extrusión, que se utiliza ampliamente para producir alimentos extruidos a partir de maíz (*Zea mays*). Sin embargo, debido a la demanda de productos más nutritivos, la investigación ha explorado otras materias primas adecuadas. El objetivo del estudio fue utilizar el chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*) para desarrollar productos alimenticios extruidos. Se llevó a cabo un diseño factorial 2k donde las variables operacionales fueron porcentaje de materias primas (5 – 12%) y velocidad de tornillo (50 – 60 RPM). Además, se aplicó estadística no paramétrica estableciendo el mejor tratamiento mediante el análisis sensorial. Los resultados demostraron que la mejor formulación con características sensoriales favorables fue el que contenía 12% griz de chocho, 12% griz de cebada malteada, 5% de griz de soya a una velocidad de 60 RPM. La composición proximal del extruido presentó un contenido de proteína de 11.46 %, humedad de 5.70 %, grasa de 7.55%, fibra de 2.75%, ceniza de 0.18% y ELN de 78.06%, en base seca. El perfil de aminoácidos no evidenció un aumento significativo, pero en minerales, el hierro fue predominante con 269 ppm. Sin embargo, cabe mencionar que, aunque el uso de chocho, cebada y soya no resultó en un snack altamente proteico en comparación con similares investigaciones, sí mostró un incremento en proteínas en comparación con los extruidos a base de maíz.

**PALABRAS CLAVE:** nutritivo, extruido, griz, proteína, snack.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

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

**Title: Use of chocho (*Lupinus mutabilis*), malted barley (*Hordeum vulgare*) and soybean (*Glycine max*) for the development of food products.**

**Autor:** Albán Rodríguez Arturo Alejandro

**Tutor:** Ing. Araceli Alexandra Pilamala Rosales M.Sc.

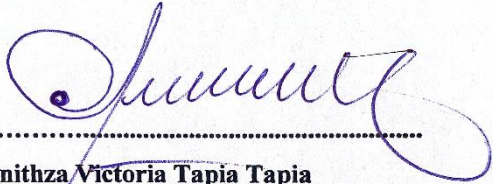
**ABSTRACT**

The global trend towards nutritious and innovative foods has driven the search for technological alternatives in the food industry. This alternative is extrusion, widely used to produce extruded foods from corn (*Zea mays*). However, due to the demand for more nutritious products, research has explored other suitable raw materials. The objective of this research was to use lupin (*Lupinus mutabilis*), malted barley (*Hordeum vulgare*), and soybean (*Glycine max*) to develop extruded food products. A 2k factorial design was carried out, with the operational variables being the percentage of raw materials (5 – 12%) and screw speed (50 – 60 RPM). Additionally, non-parametric statistics were applied to establish the best treatment through sensory analysis. The results showed that the best formulation with the most favorable sensory characteristics was containing 12% lupin gritz, 12% malted barley gritz, and 5% soybean gritz at a speed of 60 RPM. The proximal composition was found a protein content of 11.46%, moisture content of 5.70%, fat content of 7.55%, fiber content of 2.75%, ash content of 0.18%, and ELN (extractable non-nitrogen) of 78.06%, on a dry basis. The amino acid profile did not show a significant increase, but iron stood out as more predominant with 269 ppm. However, it is essential to mention that although the use of lupin, barley, and soybean did not result in a highly protein-rich snack compared to other research, it did show an increase in protein content compared to corn-based extruded products.

**KEYWORD:** nutritional, extruded, Gritz, protein, snack.

Anithza Victoria Tapia Tapia con cédula de identidad número 0501780183 Licenciado en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT 1020-03-337136 CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios de: Arturo Alejandro Albán Rodríguez, aspirante a magister en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos.

Latacunga, agosto 01 del 2023



.....

Anithza Victoria Tapia Tapia  
CC: 0501780183

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
HIPÓTESIS.....	6
OBJETIVOS .....	7
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
1.1. Antecedentes .....	8
1.2. Marco teórico .....	9
1.2.1. Extrusión.....	9
1.2.2. Extrusora de un solo tornillo.....	10
1.2.3. Materias primas y características .....	11
1.2.3.1. Chocho.....	11
1.2.3.2. Cebada .....	13
1.2.3.3. Soya .....	15
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. Modalidad o enfoque de la investigación .....	17
2.2. Tipo de investigación.....	17
2.3. Técnicas de investigación .....	18
2.3.1. Técnicas utilizadas para la caracterización de materias primas en forma de gritz .....	18
2.3.2. Técnicas utilizadas para la determinación de propiedades funcionales...19	
2.3.3. Técnicas utilizadas para la determinación del análisis proximal y metales pesados de la mejor formulación del producto extruido.....	19
2.4. Instrumentos de investigación.....	19
2.4.1. Materiales, equipos y reactivos.....	20
2.5. Gritz de chocho ( <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet), cebada ( <i>Hordeum             vulgare</i> ) malteada y soya ( <i>Glycine max</i> ) .....	21
2.5.1. Elaboración de gritz de chocho .....	21
2.5.2. Elaboración de gritz de cebada malteada y soya.....	21
2.5.3. Metodología para el análisis proximal .....	22

2.5.3.1.	Contenido de ceniza.....	22
2.5.3.2.	Contenido de proteína.....	22
2.5.3.3.	Contenido de humedad .....	23
2.5.3.4.	Contenido de grasas .....	23
2.5.3.5.	Contenido de carbohidratos .....	24
2.5.3.6.	Contenido de fibra .....	24
2.6.	Producto extruido.....	25
2.6.1.	Elaboración del producto extruido .....	25
2.6.2.	Determinación de textura .....	26
2.6.3.	Determinación de la mejor formulación del producto extruido.....	26
2.6.4.	Determinación de propiedades funcionales de la mejor formulación del producto extruido .....	27
2.6.5.	Determinación del análisis proximal y metales pesados de la mejor formulación del producto extruido.....	28
2.6.6.	Determinación del contenido de aminoácidos de la mejor formulación del producto extruido.....	28
2.7.	Diseño experimental .....	28
2.7.1.	Factores en estudio para la formulación del producto extruido.....	29
2.7.2.	Modelos matemáticos .....	30
2.7.3.	Variables .....	31
2.7.4.	Variables e Indicadores.....	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		33
3.1.	Caracterización proximal de las materias primas en forma de griz de chocho (Lupinus mutabilis), cebada (Hordeum vulgare) malteada y soya (Glycine max). .....	33
3.2.	Determinación de la mejor sustitución .....	34
3.2.1.	Resultados de los valores de textura de los productos extruidos. ....	34
3.2.2.	Resultados de la evaluación sensorial.....	36
3.3.	Evaluación de la mejor formulación .....	39
3.3.1.	Propiedades funcionales de la mejor formulación .....	39
3.3.2.	Composición proximal y minerales de la mejor formulación.....	40
3.3.3.	Perfil de aminoácidos de la mejor formulación .....	42

3.4. Verificación de hipótesis.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
CONCLUSIONES .....	44
RECOMENDACIONES .....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía del Chocho .....	12
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la cebada.....	14
<b>Tabla 3.</b> Taxonomía de la soya.....	15
<b>Tabla 4.</b> Combinaciones experimentales para la elaboración del producto extruido. ....	29
<b>Tabla 5.</b> Variables e indicadores presentes en la investigación. ....	32
<b>Tabla 6.</b> Valores promedio del análisis proximal de los gritz de chocho, cebada malteada y soya. ....	34
<b>Tabla 7.</b> Resultados de los valores de textura de los productos extruidos elaborados .....	35
<b>Tabla 8.</b> Valoración total de la evaluación sensorial (n=30) de los tratamientos de los productos extruidos seleccionados. ....	37
<b>Tabla 9.</b> Propiedades funcionales del extruido.....	39
<b>Tabla 10.</b> Composición proximal y minerales de la mejor formulación del producto extruido .....	41
<b>Tabla 11.</b> Perfil de aminoácidos de la mejor formulación de producto extruido .	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de una extrusora básica de un solo tornillo.....	11
<b>Figura 2.</b> Flujo de operaciones para la elaboración de extruido .....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta para la evaluación sensorial

Anexo B. Análisis estadístico de la textura

Anexo C. Análisis estadístico de la evaluación sensorial

Anexo D. Documentos oficiales del análisis proximal, aminoácidos por parte de los laboratorios especializados

## **INFORMACIÓN GENERAL:**

**Título del Proyecto:** Utilización del chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

Nuevos productos alimenticios producidos por extrusión con chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), es un proyecto innovador que proporciona como resultado alimentos con valor añadido, de alta calidad y con gran aceptabilidad en el mercado al no producir impactos secundarios en el equilibrio medioambiental.

**Sublínea de investigación:** Investigación-innovación y emprendimientos

Los innovadores alimentos extruidos “snack” a base de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*) son el resultado de la investigación y la innovación combinadas con el espíritu empresarial, enfocados en satisfacer la demanda y necesidades de los consumidores.



## INTRODUCCIÓN

La creciente demanda global de alimentos nutritivos e innovadores está estrechamente relacionada con el aumento de la población mundial. Se prevé que para 2030, la aumente en un 10%, para 2050 en un 26% y para 2100 en un 42%. Este incremento representa un desafío importante en términos de seguridad alimentaria a nivel mundial (Nathan et al., 2021).

A nivel internacional, la industria alimentaria está enfocada en la innovación y la incorporación de nuevas tecnologías. Los países de Europa lideran la investigación con un 70%, seguidos por Asia con un 22.5% y mientras que África y América apenas representan el 7.5% debido a la limitación de recursos económicos y tecnológicos (Hardi et al., 2018).

En América Latina y el Caribe, se observa una falta de conexión entre la academia y la industria alimentaria. Esto se debe en parte a la escasa dimensión de la comunidad científica, falta de motivación para abordar temas relacionados con la nutrición y seguridad alimentaria a nivel nacional, y una limitada inversión externa. El sector público, siendo la principal fuente de financiamiento, también contribuye a esta situación (Álvarez et al., 2019).

Aunque Ecuador ha fortalecido la innovación y la soberanía alimentaria desde 2008, su avance se ha visto ralentizado debido a los sistemas de agricultura existentes (Vergara-Romero et al., 2022). La diversidad y la calidad de productos innovadores ofrecen atractivos tanto para pequeños como grandes productores de alimentos. Estos productos agregan valor a las materias primas, proporcionando al consumidor una alimentación saludable con ingredientes naturales a precios accesibles. Además, ofrecen un sabor agradable y excelentes características nutritivas y funcionales, lo que aumenta la competitividad en los mercados locales e internacionales (Guerra y García, 2022).

La incorporación de productos innovadores mediante proceso de extrusión ha demostrado ser altamente rentable, productivo, de bajo costo, energéticamente eficiente y sin efluentes (Maskan y Altan, 2016). Esta tecnología es ampliamente utilizada por la industria de procesamiento de cereales para producir productos

alimentos listos para el consumo, como fideos, pastas, cereales para el desayuno, bebidas y bocadillos (Bouvier y Campanella, 2014).

La extrusión permite aprovechar productos y subproductos de la industria alimentaria, obteniendo alimentos nutritivos con excelentes características sensoriales que son apreciados por los consumidores. Por ejemplo, se han utilizado semillas de carambola (Borah et al., 2016), maíz, chocho y papa (Manosalvas et al., 2019), quinua, tarwi y camote (Pérez et al., 2017), harina de cerveza y arroz (Paykary et al., 2016) y pan de calidad inferior (Vanshin et al., 2017).

El presente proyecto investigativo y de innovación se centra en la utilización de chocho, cebada y soya, tres productos con diversas propiedades nutricionales. Mediante un proceso de extrusión en caliente, se busca desarrollar alimentos tipo “snack” que sean aceptados en el mercado y que cuenten con características únicas (Manosalvas et al., 2019).

## JUSTIFICACIÓN

La industria alimentaria ha reconocido la importancia de ser competitiva y se ha orientado hacia la prevención e innovación, buscando alimentos más completos, saludables y con bajos costos de producción (Jiménez y Ojeda, 2017).

En este contexto, una alternativa innovadora dentro de la industria alimentaria ha sido la incorporación de diferentes matrices alimentarias, utilizando nuevas tecnologías y aprovechando materias primas. Esto ha llevado a la obtención de productos con mejores atributos de calidad sensorial y organoléptica, lo que ha permitido cambiar los formatos tradicionales por opciones más especializadas (Hardi et al., 2018).

Una de las alternativas alimentarias propuestas es someter a extrusión en caliente al chocho, cebada malteada y soya. Estas materias primas son ricas en nutrientes y adecuadas para dietas de todas las edades, además de ser fácilmente accesibles debido a su ubicación tanto de cultivo como de comercialización (Martínez, 2016).

El chocho, por ejemplo, contiene fibra, ácidos grasos y un alto contenido de proteínas, lo que lo convierte en un sustituto potencial para la proteína vegetal en la dieta (Martínez, 2016). Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, las principales zonas potencialmente altas para la producción y comercialización del cultivo de chocho, son Pichincha, Tungurahua, Imbabura y Cotopaxi, con 27.590 ha. de superficie y una producción a nivel nacional de 0.27% (MAGAP, 2014a). La cebada malteada, por su parte, es fuente de hidratos de carbonos que aportan energía sin necesidad de adicionar azúcar al producto final (Herrero, 2015). Recientemente, 1922 agricultores de la zona centro de nuestro país (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar), accedieron a un proyecto social para cultivo y desarrollo sostenible de la cebada (Márquez, 2020). Asimismo, la soya destaca por su contenido de hidratos de carbono, lípidos, proteínas y minerales, además de ser una fuente de fitoestrógenos (hormonas vegetales) (Cárdenas, 2019). A diferencia de sus antecesores, la soya se cultiva principalmente en zonas más cálidas, Su cultivo y comercialización se centra en la Provincia de Los Ríos, con 147041.71 ha.,

representando el 53.58% en la categorización alta de este producto (MAGAP, 2014b).

La investigación tiene como objetivo generar base científica en la innovación y desarrollo de productos. Se pretende elaborar una formulación de un extruido tipo snack caracterizado por sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y con una aceptación sustentada. Esta investigación es posible gracias al apoyo del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP) - Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y Calidad, que cuenta con la tecnología necesaria para la aplicación y desarrollo de extruidos alimentarios.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Según datos del MAGAP, en el año 2014 existió una demanda insatisfecha de 6397 toneladas de chocho, lo que señala la clara necesidad de aumentar la producción nacional y generar alternativas de productividad del chocho en el Ecuador (El Telégrafo, 2016). Al mismo tiempo, desde el año 2017 se han puesto en marcha proyectos agrícolas de cebada en provincias como Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, con el objetivo de fomentar un incremento en la producción de este cultivo y generar sostenibilidad en el agro para pequeños y medianos agricultores (MAGAP 2017, 2022). Por otra parte, a pesar del potencial de la soya como oleaginosa, su aprovechamiento aún no ha sido considerado de manera adecuada en Ecuador. El rendimiento a nivel nacional se ha determinado en 2.04 toneladas métricas por hectárea, muy por debajo de los 103 millones de toneladas por hectáreas producidas por Brasil (Vergara et al., 2016). Ante este panorama, es crucial desarrollar alternativas productivas centradas en el aprovechamiento de estos cultivos, lo que permitiría un enfoque agrícola hacia la producción de alimentos de especies nativas útiles y de cultivos comerciales tradicionales con amplias perspectivas de rendimiento y mercadeo.

En un contexto en el que el consumo de snacks, papas fritas, aperitivos salados y frutos secos ha experimentado un acelerado incremento, se vuelve cada vez más relevante la búsqueda de opciones más saludables para los consumidores. Un estudio sobre el consumo de snack realizado en Reino Unido en 2018, y aplicado a 2000 usuarios mayores de 16 años reveló que el 96% de personas comen snacks, el 69% lo hacen al menos una vez al día, y un 52% de ellas considera que los snacks elaborados con legumbres son más saludables, debido a que contribuyen a mejorar su calidad de vida (Grasso, 2020). En este sentido, la industria alimentaria se enfrenta al desafío constante de desarrollar snacks más saludables, bajo en calorías, pero que al mismo tiempo ofrezcan un sabor agradable, y sean ricos en antioxidantes, fibras dietéticas y ácidos grasos esenciales (Manosalvas et al., 2019).

Una interesante opción para mejorar el contenido nutricional de los snacks es la combinación de cereales y leguminosas, lo cual ha demostrado una mejora significativa en sus cualidades nutricionales y sensoriales (Manosalvas et al., 2019).

Sin embargo, hasta el momento, las materias primas como el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), la cebada (*Hordeum vulgare*) y la soya (*Glycine max*) no han sido empleados en la elaboración de productos alimenticios tipo snack. Ante esta situación, surge la interrogante de si incorporar el chocho, la cebada malteada y la soya en snacks de tipo extruido permitiría obtener alimentos con alto contenido proteínico y características únicas y atractivas para un determinado segmento de mercado. Esta posibilidad podría abrir nuevas oportunidades en el mercado de alimentos saludables y sostenibles en Ecuador.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis nula**

La incorporación de chocho, cebada malteada y soya en el desarrollo de productos alimenticios de tipo extruido influyen sobre las propiedades sensoriales, composición proximal y propiedades funcionales de la mejor formulación obtenida

### **Hipótesis alternativa**

La incorporación de chocho, cebada malteada y soya en el desarrollo de productos alimenticios de tipo extruido no influyen sobre las propiedades sensoriales, composición proximal y propiedades funcionales de la mejor formulación obtenida

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Utilizar el chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*), para el desarrollo de productos alimenticios de tipo extruido.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar las materias primas chocho (*Lupinus Mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*) en forma de griz a partir de sus propiedades fisicoquímicas.
- Establecer la mejor sustitución de griz de maíz por chocho, cebada malteada y soya para la obtención de un producto extruido.
- Evaluar las propiedades funcionales y fisicoquímicas de la mejor formulación del producto extruido.

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1. Antecedentes**

El proceso de extrusión en alimentos ofrece la posibilidad de modificar y texturizar ingredientes en cortos períodos de tiempo, altas temperaturas y fricción, permitiendo obtener snacks o bocaditos con características sensoriales atractivas y un valor nutritivo notable (Tyl et al., 2021).

Un estudio realizado en el año 2022 demostró que la combinación de diferentes cereales en el proceso de extrusión resulta en extruidos con alto valor nutricional y un equilibrio adecuado del perfil de aminoácidos. Asimismo, concluyó que una extrusión en alimentos de baja humedad como lenteja, chocho, haba, quinua, amaranto, trigo sarraceno con un contenido de proteína superior al 30%, presenta una disminución en la expansión, densidad alta y dureza y que extruidos a base de chocho exhiben buenas propiedades sensoriales (Martin et al. 2022).

Además del proceso de extrusión, la velocidad del tornillo es el parámetro que más influye en las propiedades de los productos obtenidos, como la densidad aparente, el índice de absorción y el índice de solubilidad en agua, según lo mencionado por Pardhi et al. (2019). Este estudio se centró en el proceso de extrusión de la sémola de arroz integral con diferentes condiciones de humedad de alimentación (14% al 18%) y temperatura del cilindro de cocción (130 – 170°C), destacando que los cambios en la humedad del alimento, la temperatura y, en menor medida, la velocidad del tornillo afectó los snacks tipo extruido.



A continuación, se presenta similares estudios que evaluaron la influencia de diferentes combinaciones de cereales y/o leguminosas en el contenido nutricional y características sensoriales de los snacks tipo extruido:

Manosalvas et al. (2019), encontró que el extruido elaborado con maíz, chocho y papa presento mejoras en el contenido nutricional en comparación con el tratamiento control (100% maíz) al experimentar con temperaturas de 110 - 140 °C y modificación de la humedad 15% - 20%.

Espinoza et al. (2021), analizó los parámetros físicos y funcionales del extruido a base de maíz (60%), arroz (18.5%), kiwicha (15%), leche en polvo (2.5%) y proteína de pota (4.0%). El extruido presento alto valor nutricional, una forma redondeada y crocante, con 16.8% proteína, 2.01% ceniza, 5.35% humedad, 1.89 grasa, 1.8% fibra y 72.91% de ELN y una vida útil de 15 semanas

Lopez et al. (2016), en su estudio de extruido de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y arroz (*Oryza sativa L.*) estableció que no hubo diferencias significativas en la crocancia y el olor al utilizar 59-60% de kiwicha, 39-40% de arroz y 2% de stevia, pero sí se observó su efecto en el color y sabor del snack (López et al., 2016).

Terán et al. (2022) demostró que al utilizar un 25% de chocho y 75% de maíz, se mejoraron los contenidos de proteína (15.75g/100g), humedad (4.48g/100g), grasa (3.33 g/100g), ceniza (3.33 g/100g), carbohidratos (69.87 g/100g) y fibra dietética (14.27 g/100g). En consecuencia, el extruido resultante presentó un alto valor nutricional, contenido de aminoácidos equilibrio y con buena aceptación sensorial.

## **1.2. Marco teórico**

### ***1.2.1. Extrusión***

El término extrusión proviene del latín “extrudere”, cuyo significado consiste en la acción de empujar o expulsar hacia afuera. La extrusión es un proceso continuo, que tiene como finalidad forzar el paso de un determinado material a través de una abertura restringida o también llamada matriz, obteniendo así productos con diferentes formas, texturas y dimensiones. El avance más significativo en la extrusión de alimentos ha sido el desarrollo de la cocción por extrusión desde la

década de 1950. La cocción por extrusión se puede definir como un proceso termomécanico en el que la transferencia de calor, la transferencia de masa, los cambios de presión y el cizallamiento se combina para producir efectos tales como cocción, esterilización, secado, fusión, enfriamiento, texturización, transporte, inflado, mezcla, amasado, chonchado (chocolate), congelación, formación, etc. (Berk 2018). La forma final del producto alimenticio depende de la forma de la matriz que se encuentra ubicada a uno de los extremos del equipo y puede denominarse zona de descarga (Leonard et al., 2019). La extrusora de tipo alimenticio es una bomba, un intercambiador de calor y un reactor continuo de alta presión y temperatura, combinado en un solo equipo (Berk 2018).

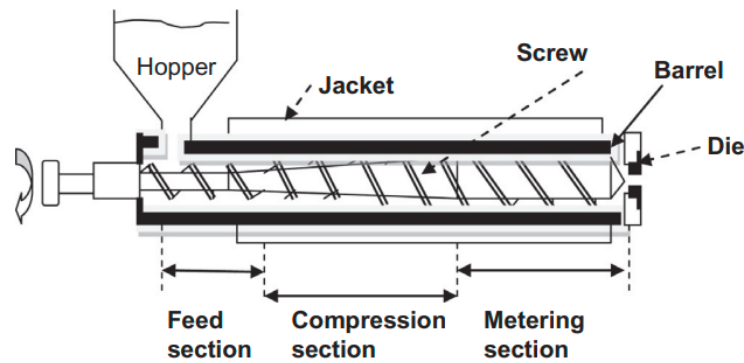
### ***1.2.2. Extrusora de un solo tornillo***

La extrusora de un solo tornillo consta de los siguientes elementos:

- Barril: es aquel cilindro hueco liso o ranurado en forma cónica que compone al equipo.
- Tornillo o gusano de Arquímedes: con una raíz gruesa y vuelos poco profundos que gira dentro del barril, que impulsan el material a lo largo de un canal helicoidal (canal de flujo) formado entre la raíz del tornillo y el cilindro.
- Matriz: se encuentra en el extremo de salida de la extrusora, siendo su función principal, servir como válvula de liberación de presión e impartir al extruido la forma deseada.
- Troquel: dispositivo destinado para cortar el extruido que sale de la matriz, en su forma más simple este consta de un cuchillo giratorio y en ciertas ocasiones puede estar precedido por una placa perforada (placa rompedora) que ayuda a distribuir el material comprimido uniformemente.
- Chaqueta, calentadores de resistencia eléctrica, calentadores de inducción entre otros: elementos externos al cilindro, divididos en ocasiones en segmentos individuales, con el fin de imponer diferentes condiciones de temperatura en las diferentes secciones de la extrusora.
- Tolva de alimentación: siendo por gravedad o un sinfín.
- Puertos de inyección de vapor, agua y fluidos.

- Puertos de liberación de presión.
- Instrumentos de medición (velocidad de avance del tornillo, temperatura y presión) (Berk, 2018).

**Figura 1.** Diagrama de una extrusora básica de un solo tornillo



**Fuente:** Berk, (2018).

Con referencia a la Figura 1., también es habitual dividir una extrusora de un solo tornillo en tres secciones:

- Sección de alimentación: su función es actuar como un tornillo transportador, haciendo que el material de la entrada pase a secciones posteriores del equipo. En esta sección casi no se produce compresión ni modificación de la masa.
- Sección de compresión/transición: en esta el material se comprime y aumenta su temperatura.
- Sección de medición/dosificación: sección en donde se realiza la mayoría de los objetivos (fusión, texturización, amasado, reacciones químicas, etc.) mediante mezclado y corte (Berk 2018).

### **1.2.3. Materias primas y características**

#### **1.2.3.1. Chocho**

En el norte del Perú, Ecuador y Colombia al chocho también se lo conoce como tarwi, presentando una gran variabilidad morfológica (Peralta, 2016). Se origina en la antigua Grecia y Egipto antes del año 2000 a.C., destinada para consumo humano

y alimentación animal (Gulisano et al., 2019). El chocho proveniente de los andes sudamericanos, pertenece a la Familia Leguminosae y cuyo nombre científico es *Lupinus mutabilis* Sweet. Es la única especie americana domesticada y cultivada por muchos siglos como una leguminosa (Peralta, 2016).

El chocho (*Lupinus mutabilis*), “es una leguminosa herbácea erecta de tallos cilíndricos, alcanza alturas de 0.8-2.0 m. Las vainas contienen 6-8 semillas. Los granos contienen alcaloides amargos que impiden su consumo directo” (González, 2012).

Las semillas de chocho se consumen a menudo como semillas enteras, pero también es utilizado como ingrediente alimentario para fortalecer el contenido de proteínas y nutricional. Sin embargo, las semillas de chocho deben ser tratadas previamente pues contiene alcaloides que son tóxicas para el ser humano (Martínez et al., 2016).

### **Taxonomía del chocho**

En la Tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica del *Lupinus mutabilis*, también llamado chocho, en donde se identifica reino, división, clase, orden, familia, subfamilia, género, especie y nombre común (Astudillo, 2016).

**Tabla 1.** *Taxonomía del Chocho*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Género:	<i>Lupinus</i>
Especie:	<i>Lupinus mutabilis</i>
Nombre común	Tarwi, Chocho

**Fuente:** Astudillo (2016)

### **Características nutricionales del chocho**

Reconocido como un grano con gran capacidad nutritiva, el chocho proporciona alta cantidad de proteínas en comparación con las legumbres tradicionales, así como un alto contenido de ácidos grasos esenciales y fibra dietética.

Varios estudios han reportado que la composición nutricional del chocho (en base seca) es 32 y 52.6 % de proteína, entre 13 y 24.6 % de lípidos, 26.1 a 43.2 % de carbohidratos, 2.4 a 5.2% de cenizas y entre 5.2 a 10% de fibra. Asimismo, proporciona vitaminas, minerales, compuestos fenólicos y flavonoides (Ruíz et al., 2019). Fuentes et al., (2018) determina que la composición nutricional en semillas de *Lupinus* sp., es de 43 a 45.9 g/100g de proteína, 26.5 a 27 g/100g de fibra cruda, 5.8 a 10 g/100g de grasa, 3.8 a 4.2 g/100g.

Entre las proteínas más importantes y de mayor representación del contenido total de proteínas en las semillas con un 90 % están las albuminas y las globulinas. En cuanto a los aminoácidos se enfatiza la presencia del ácido glutámico, ácido aspártico, isoleucina, leucina y lisina; y en menor cantidad histidina, tirosina y valina y con mucho menos inclusión la cistina, triptófano y metionina (Chalampunte et al., 2021)

### **Composición nutricional griz de chocho**

Manosalvas et al., (2019) reportó que el análisis químico proximal de los griz de chocho reportó 9.16% de humedad, 41.20% de proteína, 16.34% de grasa, 10.46% de fibra, 13.30% de carbohidratos, 1.73% de ceniza, 13.30% de almidón, 27.77% de amilosa y 72.23% de amilopectina.

#### **1.2.3.2. Cebada**

La cebada se encuentra entre los cultivos de cereales más antiguos, importante por sus efectos beneficiosos contra enfermedades degenerativas como la diabetes, la obesidad, la hipertensión y la inflamación del colón, efectos que se le atribuyen principalmente por su riqueza en fibras dietéticas (β-glucano), al ser una buena fuente de almidón, minerales, vitaminas y proteínas. Sin embargo, solo el 2% de la

producción mundial de cebada se utiliza debido a las características organolépticas inaceptables (Farag et al., 2020).

### **Cebada Malteada**

La cebada malteada es el producto resultante de someter el grano de cebada a un proceso controlado de remojo, germinación, secado y/o tostado (INACAL, 2016), sufriendo cambios en su estructura (Pilla y Vinci, 2012). El grano de cebada malteada generalmente es utilizado en la elaboración de cerveza (INEN, 2013).

### **Taxonomía de la cebada**

Dentro de la clasificación taxonómica de la cebada se da con relevancia al género y especie que corresponde a *Hordeum vulgare L* (Arias y Lozano, 2017).

**Tabla 2.** *Taxonomía de la cebada*

---

Reino:	Plantae
Nombre común	Cebada
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Poaceae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>vulgare L.</i>

---

**Fuente:** Arias y Lozano, (2017).

### **Composición química proximal de la cebada**

Dentro de la composición química proximal de la cebada, se debe destacar el porcentaje de proteína que puede presentar los granos de cebada que es de hasta un 10 – 20 % y se acumula principalmente en el endospermo. Estudio realizado por

Arias y Lozano, (2017) reporta que la cebada posee 7.92 % humedad, 4.90% ceniza, 8.63% proteína, 1.2% grasa, 1.8% fibra, 77.35% carbohidratos.

### 1.2.3.3. Soya

La soya es una leguminosa de origen asiático, su composición es de alto contenido proteínico y graso medio, consumida como fuente de nutrientes en la alimentación humana, avícola y porcino. Utilizada como aditivos de sabor, obtención de carne de soya, se extrae aceites por sus contenidos grasos, se elabora dulces, confitería, repostería, galletas, harina de soya y sus derivados. Los principales productores de soya en grano son Estados Unidos, Brasil, Argentina, China e India. (Vergara et al., 2016).

### Taxonomía de la soya

La clasificación taxonómica de la soya se describe en la Tabla 3.

**Tabla 3.** *Taxonomía de la soya*

Reino:	Plantae
División:	Traqueofita
Clase:	Angiospermae
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae (Leguminosae)
Subfamilia:	Papilionoideae
Tribu:	Phaseoleae
Subtribu:	Glycininae
Género:	<i>Glycine</i>
Subgénero:	Soja
Especie:	<i>Glycine max</i> (L)

**Fuente:** Singh et al., (2017)

### **Composición nutricional de la soya**

El estudio realizado por Singh et al, (2017) reporta que la cebada posee 40% proteína, 18-20% grasa, 85% ácidos grasos insaturados, 25-30% carbohidratos totales, 4-5% minerales, 9-10 mg/100g ácido ascórbico, 0.2 mg/100g betacarotenos, 0.3% flavonas.



## CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Modalidad o enfoque de la investigación

La investigación presentó un enfoque cuantitativo debido a que permitió medir y analizar datos numéricos relacionados con las características fisicoquímicas y nutricionales de los gritz de las materias primas empleadas y del producto extruido resultante. Este enfoque permitió obtener información objetiva y cuantificable sobre las propiedades fisicoquímicas de los gritz de las materias primas empleadas y del producto extruido resultante. Por consiguiente, permitió comprobar las hipótesis planteadas sobre la mejor sustitución (producto extruido) con una mejor calidad nutricional.

Además, presentó un enfoque cualitativo porque permitió explorar y comprender la percepción de catadores semientrenados a través de una evaluación sensorial con el fin de determinar la mejor formulación de los snacks tipo extruidos a base de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*). Adicionalmente, permitió identificar las posibles barreras para la aceptación y comercialización de los nuevos productos en el mercado.

### 2.2. Tipo de investigación

Los tipos de investigación aplicadas en el desarrollo de este estudio incluyeron:

- *Investigación descriptiva* con el fin de proporcionar la información detallada sobre las características y propiedades presentes en las materias

primas (chocho, cebada malteada y soya) que se utilizaron en el desarrollo del producto extruido. Esto permitió sentar las bases para la formulación de productos extruidos a base de chocho, cebada malteada y soya con un conocimiento claro y preciso de las características de los ingredientes involucrados.

- *Investigación documental* con una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con el tema de extruido a base de chocho, cebada malteada y soya. Se utilizó bases de datos, revistas científicas y fuentes especializadas para recopilar información previa y actual en el tema.
- *Investigación exploratoria* permitió identificar oportunidades y posibles enfoques para el desarrollo de los productos extruidos. Al ser aplicada se obtuvo una comprensión inicial y exploratoria de las propiedades y características del chocho, cebada malteada y soya, así como las posibles formas de combinarlos y procesarlos para obtener productos alimenticios innovadores y nutricionalmente completos.
- *Investigación experimental* con la finalidad de alcanzar la metodología apropiada para obtener la mejor formulación de tipo extruido a base de chocho, cebada malteada y soya.

### **2.3. Técnicas de investigación**

#### ***2.3.1. Técnicas utilizadas para la caracterización de materias primas en forma de gritz***

Se realiza la caracterización de materias primas (chocho, cebada malteada y soya) en forma de gritz a partir de sus propiedades fisicoquímicas en el Área de investigación y desarrollo de productos y procesos II (Departamento de Nutrición y Calidad) en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias – INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, bajo el enfoque de investigación exploratoria.

- *Determinación de ceniza* - (NTE INEN 520:2013), método de calcinación con el fin de obtener cenizas de color gris (INEN, 2013a).

- *Determinación de proteína* - mediante el método de análisis oficiales. AOAC 2001.11. (AOAC, 2001).
- *Determinación de humedad* – mediante el método de análisis oficiales. AOAC 925.10. (AOAC, 2015).
- *Determinación de grasa* – mediante el método de análisis oficiales. AOAC 2003.06. (AOAC, 2003).
- *Determinación de carbohidratos* – Basada en la diferencia del porcentaje de fibra, ceniza, proteína y grasa (AOAC, 2000).
- *Determinación de fibra* – Cuantificación en función a la NTE INEN 522:2013 (INEN, 2013b).

### **2.3.2. Técnicas utilizadas para la determinación de propiedades funcionales.**

- *Determinación de propiedades funcionales* del almidón – En función a Anderson et al (1969), a realizarse en el Área de investigación y desarrollo de productos y procesos II (Departamento de Nutrición y Calidad) en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias – INIAP, Estación Experimental Santa Catalina

### **2.3.3. Técnicas utilizadas para la determinación del análisis proximal y metales pesados de la mejor formulación del producto extruido.**

- Determinación del contenido de aminoácidos – Método Burbach. Rudolph Institute – Cromatografía, realizado por el laboratorio Analytical Laboratories Testing y Consulting.

## **2.4. Instrumentos de investigación**

El presente estudio realizado en el Área de investigación y desarrollo de productos y procesos II (Departamento de Nutrición y Calidad) en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias – INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, bajo

el enfoque de investigación exploratoria, utilizó los siguientes instrumentos para recopilar información y datos relevantes, como se mencionan a continuación:

- *Experimentos piloto o de laboratorio* para elaborar las 16 combinaciones de las materias primas empleadas en la obtención de productos extruidos. Se realizaron experimentos piloto en pequeña escala. Estos experimentos permitieron obtener información preliminar sobre el comportamiento de las materias primas durante el procesamiento y la viabilidad de los productos desarrollados.
- *Análisis de laboratorio* para caracterizar las propiedades fisicoquímicas de los ingredientes, se pueden utilizar instrumentos de laboratorio para medir el contenido de nutrientes, fibra, grasa, aminoácidos, entre otros parámetros relevantes. Esto proporcionará datos precisos sobre la composición nutricional de los ingredientes.
- *Evaluación sensorial o encuesta* para determinar las características organolépticas de los productos extruidos utilizando paneles de catadores semientrenados. Se evaluaron apariencia, textura, olor, sabor y aceptabilidad a través de una hoja de catación.

#### **2.4.1. Materiales, equipos y reactivos**

Los principales materiales de laboratorio, materias primas, equipos, reactivos empleados en la investigación se describen a continuación:

- **Materias primas:** Chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*).
- **Materiales de laboratorio:** Crisoles, matraz, recipientes de plástico, espátula, pinzas, vasos de 600 ml, crisoles, lana de vidrio, pipeta volumétrica, capsulas de aluminio, recipientes de acero inoxidable, Caja Petri, tubos de centrifuga, agitadores magnéticos, probeta de 50 ml, papel filtro, embudos y vasos de precipitación.
- **Reactivos:** Ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, hexano y ácido bórico.
- **Equipos:** Extrusor, deshidratador, triturador, tostador, balanza analítica, mufla, desecador de vidrio.

En base a los mencionado en los apartados 2.3 y 2.4., a continuación, se describe la metodología utilizados tanto para los gritz de chocho, cebada malteada y soya como para el producto extruido elaborado.

## **2.5. Gritz de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*)**

### ***2.5.1. Elaboración de gritz de chocho***

Las semillas de chocho fueron adquiridas en el barrio San José de Pichul, Parroquia 11 de noviembre, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La elaboración de gritz de chocho siguió la metodología descrita por Granados et al. (2019) que incluye la eliminación de impurezas de la materia prima adquirida, después hidratación por 48 horas con un litro de agua por cada dos kilogramos (Kg) de semilla. Una vez, incrementado su tamaño, incluye cocción durante dos horas con cambios de agua cada 30 minutos, luego el escurrido y secado al ambiente. Posteriormente, deshidratación a 52°C por 24 horas y finalmente, la molienda y almacenamiento en bolsas de plástico sin espacios de aire para la elaboración de extruidos.

### ***2.5.2. Elaboración de gritz de cebada malteada y soya***

La cebada malteada como la soya fueron adquiridas en el mercado cerrado del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. La materia prima fue lavada y secada hasta un porcentaje de humedad inferior al 10%. La malta fue tostada en el equipo Ayni Green a 45°C por dos horas con el fin de dar características únicas y diferenciadoras, mientras que la soya a 80°C por 15 minutos, posterior a ello se procedió a su molienda y almacenamiento en bolsas de plástico sin espacios de aire para la elaboración del extruido (Coque, 2020).

### 2.5.3. Metodología para el análisis proximal

El análisis proximal de los griz de las materias primas de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*) consistió en el contenido de cenizas, proteína, humedad, grasa, carbohidratos, fibra. El presente análisis proximal se realizó por triplicado. A continuación, se detalla la metodología empleada para cada una de las determinaciones.

#### 2.5.3.1. Contenido de ceniza

Los residuos inorgánicos de los griz se cuantificaron mediante el método de calcinación, con el fin de obtener cenizas de color gris (INEN, 2013a). El contenido se calcula en porcentaje (%) con la ecuación número uno.

$$\% \text{ Cenizas} = \left( \frac{m_3 - m_1}{m_2} \right) * 100 \quad (1)$$

**Dónde:**

$m_1$  = Masa del crisol vacío (g),

$m_2$  = Masa de muestra (g),

$m_3$  = Masa del crisol con cenizas (g).

#### 2.5.3.2. Contenido de proteína

El contenido de proteína se determinó en porcentaje a través de método de Kjeldahl, de acuerdo con la AOAC (2001), la fórmula dos permitió obtener la relación de la concentración de proteína.

$$\% \text{Nitrogeno} = NHCl \times \frac{(V_m - V_b)}{g \text{ de muestra}} \times 14 \text{ gN} \times 100 \quad (2)$$

**Donde:**

$NHCl$  = Normalidad del ácido clorhídrico (HCl 0.1N)

$V_m$  = Volumen de titulante consumido en la muestra, (ml)

$V_b$  = Volumen de titulante consumido en el blanco, (ml)

$g$  muestra = Peso de los gritz

$14 g N$  = Peso atómico del nitrógeno.

### 2.5.3.3. Contenido de humedad

La humedad presente en los gritz de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*) se realizó mediante el método (AOAC, 2015). La fórmula tres permitió obtener la relación de la concentración de humedad.

$$\%Humedad = \frac{m_2 - (m_3 - m_1)}{m_2} * 100 \quad (3)$$

**Donde:**

$m_1$  = Peso de la cápsula metálica vacía

$m_2$  = Peso de los gritz

$m_3$  = Peso de la cápsula más muestra seca

### 2.5.3.4. Contenido de grasas

El contenido de grasa se determinó en porcentaje de acuerdo con la AOAC (2003), el cual consistió macerar las muestras en hexano por cinco días. La ecuación cuatro permitió determinar la concentración de grasa.

$$\%Grasa\ cruda = \frac{P_3 - P_2}{P_1} * 100 \quad (4)$$

**Donde:**

$P_1$  =Peso inicial del envase (g)

$P_2$  =Peso del envase tarado (g)

$P_3$  = Peso del envase más el residuo de grasa (g)

### 2.5.3.5. Contenido de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se determinó de acuerdo con la ecuación cinco, basada en la diferencia del porcentaje de fibra, ceniza, proteína y grasa (AOAC, 2000)..

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Fibra} + \% \text{Ceniza} + \% \text{Grasa} + \% \text{Proteína}) \quad (5)$$

### 2.5.3.6. Contenido de fibra

El contenido de fibra de los gritz se cuantifico en función a la (INEN, 2013b):. El cual se fundamentó en la mezcla de 200 ml de ácido sulfúrico (7/1000) con dos gamos de muestra pesada en una balanza analítica. El porcentaje de fibra se determinó de acuerdo con la fórmula seis.

$$F_c = \frac{P_{cf} - P_{cc}}{P_m} * 100 \quad (6)$$

**Donde:**

$F_c$  = Porcentaje de fibra cruda

$P_{cf}$  = Peso del crisol secado a 105°C

$P_{cc}$  = Peso del crisol después de la incineración

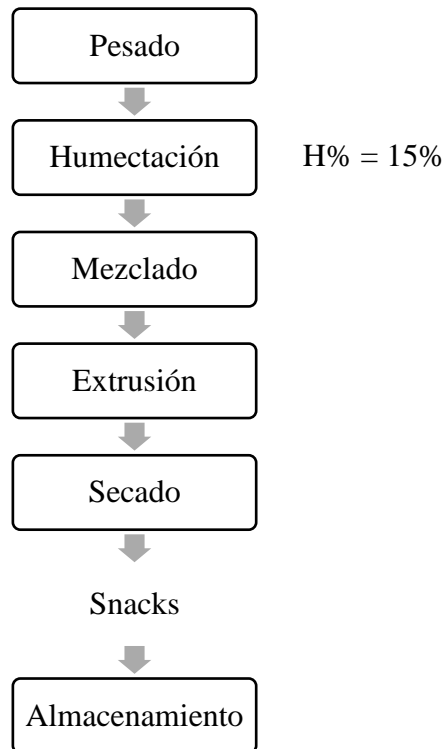
$P_m$  = Peso de la muestra



## 2.6. Producto extruido

### 2.6.1. Elaboración del producto extruido

**Figura 2.** Flujo de operaciones para la elaboración de extruido



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 2, se presenta de manera sintetizada el flujo operacional para la elaboración del extruido. El proceso de elaboración comenzó con el pesado y la humectación de los griz de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*) hasta alcanzar un contenido de humedad del 15%. La cantidad de agua adicionada se determinó en base al análisis proximal y balance de masa. A continuación, se llevó a cabo del mezclado de acuerdo con las formulaciones detalladas en la Tabla 4. Cada una de las formulaciones fue procesada en el extrusor industrial de tornillo continuo simple de alimentación por

gravedad, el cual contaba con una boquilla en forma circular de la marca Sermaconi Ecuador. Durante el proceso dentro del extrusor, la mezcla experimentó un aumento de temperatura y se adaptó y texturizó para adoptar la forma de la boquilla circular. Al salir del extrusor, el producto se secó y adquirió la forma de un “Snack” extruido. La velocidad y temperatura del extrusor fueron ajustadas de acuerdo con las formulaciones especificadas en la Tabla 4. Finalmente, el “Snack” extruido, una vez enfriado, seco y con la textura adecuada, fue almacenado a temperatura ambiente en bolsas de polietileno para su posterior estudio y análisis.

### ***2.6.2. Determinación de textura***

La determinación de la textura se empleó el texturómetro (TA-XT21), acoplado con el programa Software Textute Expert. Su labor inicia con la definición de los parámetros en función de la matriz alimenticia, comprobación del estado del pedestal, accesorios, y calibración de la sonda sin muestra. Una vez realizado estos pasos iniciales, se procedió a seguir los respectivos pasos descritos en Domínguez y Acuña (2009).

El equipo permitió identificar la textura con parámetros como son: dureza, viscosidad, elasticidad, cohesión, gomosidad, masticabilidad del producto extruido obtenido. Los gráficos y resultados fueron guardados para futuros análisis.

### ***2.6.3. Determinación de la mejor formulación del producto extruido***

Una vez obtenidas las respectivas mediciones relacionados con la textura de las 16 formulaciones propuestas, se observó que la mayoría de ellas mostraron una dureza fuera del rango aceptable para el consumo. Por consiguiente, solo cuatro formulaciones mostraron una dureza considerada aceptable. Con base a esta selección preliminar, se llevó a cabo un análisis sensorial de los snacks, utilizando un panel de 30 catadores semientrenados, todos ellos estudiantes de sexto semestre de la carrera de Agroindustrias de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El objetivo del análisis fue determinar la mejor formulación del producto extruido.

El análisis sensorial consistió en la determinación de la percepción de los catadores en los siguientes parámetros: apariencia, olor, sabor, textura y aceptabilidad (Anexo A). Los catadores evaluaron 2 tratamientos, sin repetición de los tratamientos mediante la aplicación de Diseño Experimental de Bloques central compuesto. Las cataciones se realizaron en la tarde. Las muestras se mantuvieron almacenadas en bolsas plásticas herméticas hasta el momento de la evaluación para evitar cualquier alteración en las condiciones del producto extruido.

#### ***2.6.4. Determinación de propiedades funcionales de la mejor formulación del producto extruido***

La determinación de las propiedades funcionales del producto extruido se realizó en función a Anderson et al (1969), el cual establece que es la capacidad de absorbimiento y exudación del almidón en función a la temperatura del medio circundante. El índice de absorción de agua, solubilidad y poder hinchamiento se determinó en función a las ecuaciones mencionadas a continuación.

**Índice de absorción de agua (IAA):**

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad (7)$$

**Índice de solubilidad en agua (ISA):**

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (8)$$

**Poder de hinchamiento (PH):**

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de solubles}} \quad (9)$$

#### **2.6.5. *Determinación del análisis proximal y metales pesados de la mejor formulación del producto extruido***

El análisis proximal se determinó mediante el método de referencia Florida 1970 en base fresca: humedad, cenizas, grasa, carbohidratos, fibra, proteína. El contenido de metales pesados se estableció mediante el método de referencia Florida 1980 en base seca; calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn). La presente determinación fue realizada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Nutrición y calidad, laboratorio de servicio de análisis e investigación en alimentos.

#### **2.6.6. *Determinación del contenido de aminoácidos de la mejor formulación del producto extruido***

El perfil de aminoácidos fue determinado mediante el método Burbach. Rudolph Institute – Cromatografía, realizado por el laboratorio Analytical Laboratories Testing y Consulting. La respuesta del análisis se expresó como porcentaje de muestra húmeda (ácido aspártico, ácido glutámico, serina, histidina, treonina, glicina, arginina, alanina, tirosina, valina, metionina, fenilalanina, isoleucina, lisina, aminoácidos totales).

### **2.7. Diseño experimental**

El presente proyecto empleó dos tipos de diseño factorial. El primer diseño factorial empleado fue el 2k para determinar el efecto de la velocidad de tornillo del extrusor como los niveles de sustitución de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soja (*Glycine max*). Cada factor en estudio presentó dos niveles, obteniendo un total de 16 tratamientos o combinaciones con dos repeticiones (Tabla 6). El segundo diseño estadístico aplicado fue el bloque central compuesto DBCA a fin de evaluar la percepción de las características organolépticas de los productos extruidos mediante una encuesta hedónica (Anexo

A). Los valores de las respuestas experimentales fueron tabulados y analizados en el programa Statgraphic Centurion XV.

### 2.7.1. Factores en estudio para la formulación del producto extruido

#### Factor A: Porcentaje de griz de chocho

$$a_1 = 5\%$$

$$a_2 = 12\%$$

#### Factor B: Porcentaje de griz de cebada malteada

$$b_1 = 5\%$$

$$b_2 = 12\%$$

#### Factor C: Porcentaje de griz de soya

$$c_1 = 5\%$$

$$c_2 = 12\%$$

#### Factor D: Velocidad del tornillo

$$d_1 = 50 \text{ RPM}$$

$$d_2 = 60 \text{ RPM}$$

**Tabla 4.** Combinaciones experimentales para la elaboración del producto extruido.

Tratamiento	Factor A: Porcentaje de griz chocho	Factor B: Porcentaje de griz cebada malteada	Factor C: Porcentaje de griz de soya	Factor D: Velocidad del tornillo (RPM)
Formulación 1	12	12	5	60
Formulación 2	5	5	5	50
Formulación 3	12	12	12	60
Formulación 4	12	5	5	50
Formulación 5	12	12	12	50
Formulación 6	12	5	12	50
Formulación 7	5	12	5	50
Formulación 8	5	12	12	50
Formulación 9	5	12	5	60
Formulación 10	12	5	5	60
Formulación 11	5	5	5	60

Formulación 12	5	5	12	50
Formulación 13	12	12	5	50
Formulación 14	5	5	12	60
Formulación 15	5	12	12	60
Formulación 16	12	5	12	60

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.7.2. Modelos matemáticos

### 2.7.2.1. Diseño 2k - Formulación del producto

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \alpha\delta_{il} + \beta\gamma_{ik} + \beta\delta_{il} + \gamma\delta_{il} + \alpha\beta\gamma\delta_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

**Donde:**

$\mu$ = es la media general

$\alpha_i$ = es el efecto del nivel i-ésimo del factor A.

$\beta_j$ = es el efecto del nivel j del factor B.

$\gamma_k$ = es el efecto del nivel k en el factor C.

$\delta_l$ = es el efecto del nivel l en el factor D.

$\alpha\beta_{ij}, \alpha\gamma_{ik}, \alpha\delta_{il}, \beta\gamma_{ik}, \beta\delta_{il}, \gamma\delta_{il}$ = representan los efectos de interacción dobles

$\alpha\beta\gamma\delta_{ijkl}$ = es el efecto de interacción cuádruple

$\varepsilon_{ijkl}$ = representa el error aleatorio

1= Son las repeticiones o réplicas del experimento

### 2.7.2.2. Diseño de bloques central compuesta - Evaluación sensorial

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$ = es la media general

$\tau_i$  = es el efecto del tratamiento  $i$

$\gamma_j$  = es el efecto del tratamiento  $j$ .

$\varepsilon_{ijkl}$  = representa el error aleatorio

### 2.7.3. Variables

#### **Variables independientes**

- Chocho
- Cebada malteada
- Soya

#### **Variables dependientes**

- Propiedades funcionales
- Propiedades fisicoquímicas
- Propiedades sensoriales

#### 2.7.4. Variables e Indicadores

**Tabla 5.** Variables e indicadores presentes en la investigación.

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	
Desarrollo de productos alimenticios de tipo extruido		Propiedades sensoriales	Apariencia, Sabor, Textura, Olor, Aceptabilidad
	Chocho	Propiedades funcionales	Índice de absorción de agua
	Cebada Malteada		Índice de solubilidad en agua
	Soya	Composición Proximal y Metales	Poder de hinchamiento
	Humedad, Grasa, Proteína, Fibra, ELN (Metales) Ca, P, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn (Aminoácidos)		

**Fuente:** Elaboración propia



## CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Caracterización proximal de las materias primas en forma de griz de chocho (*Lupinus mutabilis*), cebada (*Hordeum vulgare*) malteada y soya (*Glycine max*).

En la Tabla 6, se visualizan los valores promedio de humedad, grasa, proteína, fibra, cenizas y ELN, correspondientemente para el chocho, cebada malteada y soya. El chocho tiene humedad (3.91%), grasa (3,9%), proteína (56.25%), fibra (13.4 %), cenizas (2.30%) y ELN (20.24%) se encuentran en concordancia a los datos reportados por Rubio et al. (2006), Vera (2013) y Coral y Gallegos (2015). Sin embargo, se evidencio cierta discrepancia en valores de humedad (8,22%), grasa (15.60%), fibra (7,30%), cenizas (3.09 %) y proteína (43.40 %) reportados por Robalino et al. (1993).

En cuanto a la cebada, se observó que los resultados obtenidos son similares a los reportados por Coronel (2016) quien determino que la cebada presentó 9.77% de humedad, 5% de grasa, 39.10% de proteína, 9% de fibra y 1.69% de cenizas. Sin embargo, los valores obtenidos difieren del estudio realizado por Castillo y Silván (2008).

En relación con la soya, se observó que los valores relacionados con proteína, fibra y cenizas están alineados a los reportados por Castillo y Silván (2008) pero por el contrario difirieron en cuanto a la humedad (45%) y fibra (17%). De acuerdo con la NTE INEN 1705, el griz de soya presenta baja proteína al no superar el 42%, a la vez alto contenido de humedad al rebasar el límite establecido (13%).

En general, las notables variaciones en los contenidos porcentuales del análisis proximal para el chocho, cebada y soya podrían atribuirse a varios factores como el tipo, especie de cultivo, climatología, método de determinación y cuantificación mencionados por Castillo y Silván (2008).

**Tabla 6.** *Valores promedio del análisis proximal de los gritz de chocho, cebada malteada y soya.*

Parámetro		Materia Prima		
		Chocho	Cebada Malteada	Soya
Humedad	%BS**	3.91	9.77	13.80
Grasa	% BS**	3.9	5.0	3.6
Proteína	% BS**	56.25	39.10	7.39
Fibra	% BS**	13.4	9.2	11.9
Cenizas	% BS**	2.30	1.69	5.29
ELN*	% BS**	20.24	35.24	58.02

\*ELN: contenido de carbohidratos, \*\*%BS equivale a porcentaje de base seca

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2. Determinación de la mejor sustitución

#### 3.2.1. *Resultados de los valores de textura de los productos extruidos.*

En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos de las variables de respuesta del análisis de textura: fracturabilidad, viscosidad, elasticidad, cohesión, gomosidad, masticabilidad, resiliencia y dureza. A continuación, se describe en detalle cada uno de los respectivos análisis de las variables respuestas mencionadas.

**Tabla 7.** Resultados de los valores de textura de los productos extruidos elaborados

<b>Tratamiento</b>	<b>Fracturabilidad (N)</b>	<b>Viscosidad (N.s/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Elasticidad</b>	<b>Cohesión</b>	<b>Gomosidad</b>	<b>Masticabilidad</b>	<b>Resiliencia</b>	<b>Dureza (N)</b>
Formulación 1	9,23	2,85	1,03	1,33	11,00	9,45	0,37	9,36
Formulación 2	0,12	0,07	0,87	0,63	0,11	0,10	0,08	0,14
Formulación 3	12,95	1,27	0,56	0,47	6,35	6,34	0,17	13,62
Formulación 4	6,75	1,03	4,75	0,20	2,38	4,63	0,07	1,49
Formulación 5	11,08	1,26	0,93	0,47	6,62	6,61	0,15	12,95
Formulación 6	0,51	0,82	7,63	0,20	1,05	6,35	0,05	5,08
Formulación 7	18,99	7,80	0,88	0,85	21,08	21,34	0,22	22,70
Formulación 8	7,36	2,56	0,10	0,98	0,00	15,56	0,12	16,76
Formulación 9	19,71	10,41	0,72	1,00	21,85	21,66	0,39	24,40
Formulación 10	7,47	0,90	6,33	0,18	2,94	5,90	0,05	2,24
Formulación 11	1,68	0,73	11,46	0,02	0,02	0,18	0,17	0,23
Formulación 12	1,80	0,82	6,95	0,16	1,03	6,43	0,04	3,50
Formulación 13	8,53	3,96	1,64	1,37	10,65	8,84	0,36	7,96
Formulación 14	0,66	0,27	10,86	0,18	0,75	5,62	0,08	4,10
Formulación 15	17,86	-0,01	0,09	0,02	0,00	17,36	0,35	20,45
Formulación 16	3,32	0,04	2,10	0,66	4,21	2,83	0,08	6,34

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.2.1.1. Fracturabilidad**

En la Tabla 7 se evidencia que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 5% soya) presenta la mayor fracturabilidad con 19.71 N, al contrario, se observa que la formulación 2 (50 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta un valor mucho menor en este parámetro (0.12 N).

Estadísticamente, la fracturabilidad se ve influenciada por la cebada malteada (B), velocidad (D) y la combinación entre chocho-cebada malta (AB). Mientras que, las interacciones de los griz de chocho-soya (AC), choco-velocidad del tornillo (AD), cebada malteada-soya (BC), cebada malteada-velocidad del tornillo (BD), soya – velocidad del tornillo (CD), no mostraron diferencia estadística con un nivel de confianza del 95% (Anexo B, Tabla B.1). En consecuencia, la baja fracturabilidad presentada en el snack tipo extruido puede deberse con la frescura del producto y el contenido de humedad en la formulación. Por tanto, Torres et al. (2015) menciona que, a mayor humedad, mayor será la fracturabilidad del producto. Adicionalmente, la mayor fracturabilidad del producto en estudio podría atribuirse al mayor contenido de cebada malteada.

### **3.2.1.2. Viscosidad**

En la Tabla 7 se muestra que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 5% soya) presenta mayor viscosidad en relación con la formulación 15 (60 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 12% soya). La viscosidad elevada podría atribuirse a la proporción de gránulos de almidón intactos en la harina (Fuentes, 2016).

Estadísticamente, la viscosidad de los extruidos no presenta diferencias entre las interacciones griz de chocho-soya (AC), choco-velocidad del tornillo (AD), cebada malteada-velocidad del tornillo (BD), griz de chocho (A) y velocidad de tonillo (D). Mientras que, los efectos griz de cebada malta (B), soya (C) y la combinación cebada malteada-soya (BC) y soya-velocidad (CD) presentaron diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% (Anexo B, Tabla B.2).

### **3.2.1.3. Elasticidad**

En la Tabla 7, se evidencia que la formulación 11 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta la mayor elasticidad con 11.46, mientras que la formulación 8 (50 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 12% soya) presenta un valor inferior de elasticidad (0.10).

De acuerdo con el análisis estadístico se evidencia que la elasticidad es influenciada por la utilización de griz de cebada malteada (B), velocidad de tornillo (D), chocho- cebada malteada (AB), chocho-velocidad de tornillo (AD) y cebada malteada- velocidad del tornillo (BD). Además, las interacciones de los griz de chocho-soya (AC), cebada malteada-soya (BC), soya – velocidad del tornillo (CD), griz de chocho (A), griz de soya (C) y velocidad de tornillo (D), no mostraron diferencia estadística, con un nivel de confianza del 95%, como se evidencia en el Anexo B, Tabla B.3. En consecuencia, se podría deducir que, a menor contenido de chocho, cebada malteada y soya, mayor será la elasticidad.

### **3.2.1.4. Cohesión**

En la Tabla 7 se muestra que la formulación 13 (50 RPM, 12% chocho, 12% cebada malteada, 5% soya) presenta mayor cohesión en relación con la formulación 11 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) y formulación 15 (60 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 12% soya) que presentan la cohesión más baja del estudio.

De acuerdo con el análisis estadístico, la cohesión (tendencia a estar unidos) de los snacks tipo extruido muestran que la cebada malteada (B) es el único efecto que presenta influencia sobre la variable de respuesta, con un nivel de confianza del 95%. Mientras que las interacciones de los griz de chocho-soya (AC), chocho- cebada malteada (AB), chocho-velocidad del tornillo (AD), cebada malteada- velocidad del tornillo (BD), cebada malteada-soya (BC), soya-velocidad (CD), griz de chocho (A), soya (C) y velocidad de tonillo (D) no presentan diferencias estadísticas (Anexo B, Tabla B.4). Por consiguiente, se podría deducir que la

tendencia de las partículas para estar unidas disminuye gradualmente al emplear mayores porcentajes de griz de chocho, cebada malteada y soya.

#### **3.2.1.5. Gomosidad**

En la Tabla 7, se evidencia que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta la mayor gomosidad con 21.85, mientras que la formulación 8 (50 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 12% soya) y la formulación 15 (60 RPM, 5% chocho, 12% cebada malteada, 12% soya) no presentan la propiedad de gomosidad.

Estadísticamente, la gomosidad se ve influenciada por los griz de cebada malteada (B), soya (C), chocho-soya (AC), chocho-velocidad (AD), cebada malteada-soya (BC) y velocidad (D). Pero las interacciones de griz de chocho-cebada malteada (AB), cebada malteada-soya (BC), soya-velocidad (CD), griz de chocho (A), velocidad de tornillo (D), no mostraron diferencia significativa, como se evidencia en el Anexo B, Tabla B.5. Por consiguiente, se deduce que, al emplear concentraciones altas de cebada malteada y soya, sin variar el contenido de chocho, mayor será la gomosidad. Dichos resultados están en concordancia con Adedeji et al. (2016), quienes manifestaron que la gomosidad en extruidos se ve incrementada al utilizar materias primas con alto contenido de proteína y por la reducción en el contenido de soya.

#### **3.2.1.6. Masticabilidad**

En la Tabla 7 se muestra que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta mayor masticabilidad en relación con la formulación 2 (50 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) las mismas que presentan la masticabilidad más baja del estudio.

Estadísticamente, la variable masticabilidad de los snacks tipo extruidos relacionada estrechamente con la gomosidad y elasticidad, no mostraron diferencia estadística las interacciones griz de chocho-soya (AC), chocho-velocidad del

tornillo (AD), cebada malteada-velocidad del tornillo (BD), cebada malteada-soya (BC), soya-velocidad (CD), griz de chocho (A), soya (C) y velocidad de tonillo (D). Por otro lado, los griz de cebada malteada (B) y la combinación entre chocho- cebada malteada (AB) presentan diferencias significativas, con un nivel de confianza del 95% (Anexo B, Tabla B.6). En consecuencia, se deduce que, a mayor velocidad del tornillo mayor será la masticabilidad.

### **3.2.1.7. Resiliencia**

En la Tabla 7, se evidencia que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta la mayor resiliencia con 0.39, mientras que, la formulación 12 (50 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 12% soya) presenta una resiliencia baja de 0.048 N.

Estadísticamente, la variable se ve influenciada por los griz de cebada malteada (B), soya (C), chocho-velocidad de tornillo (AD), cebada malteada-soya (BC) y soya –velocidad de tornillo (CD). Sin embargo, las interacciones de los griz de chocho-cebada malteada (AB), chocho-soya (AC), cebada malteada-velocidad de tornillo (BD), griz de chocho y velocidad de tornillo (D) no presentaron diferencia significativa (Anexo B, Tabla B.7). Por lo que se deduce que, al utilizar concentraciones altas de soya y concentraciones bajas de chocho y cebada malteada, menor será la resiliencia del extruido.

### **3.2.1.8. Dureza**

Este atributo es uno de los parámetros importantes a ser considerados al momento de consumir un snack, debido a que alimentos con alta dureza podría causar afecciones en la dentadura, además está relacionada con el tamaño de las burbujas de los snacks (Boluarte et al., 2018).

En la Tabla 7 se muestra que la formulación 9 (60 RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) presenta mayor dureza en relación con la formulación 2 (50

RPM, 5% chocho, 5% cebada malteada, 5% soya) que presenta la dureza más baja del estudio.

Estadísticamente, la dureza se ve influenciada por el chocho (A), cebada malteada (B), soya (C), chocho-cebada malteada (AB), chocho-soya (AC) y cebada malteada-soya (BC) con un nivel de confianza del 95 %. Al contrario, se observó que las interacciones con respecto a la dureza de los gritz de chocho-velocidad de tornillo (AD), cebada malteada-velocidad de tornillo (BD), soya -velocidad de tornillo (CD) y velocidad del tornillo (D) no presentan diferencias significativas (Anexo B, Tabla B.8).

La utilización de chocho en la formulación provocaría incremento en la dureza por el alto contenido de proteína y bajo contenido de almidón y por la influencia de los otros tipos de harinas. La dureza en un extruido también se ve relacionado con el alto contenido de fibra y almidón, consecuentemente un producto con alta dureza presenta mayor cohesión y gomosidad (Adedeji, et al., 2017). La humedad, el incremento de la temperatura de extrusión, y el alto contenido de fibra insoluble permite que el extruido presente dureza (Boluarte et al., 2018).

Adicionalmente, se establecieron los cuatro mejores tratamientos mediante la prueba de Tukey aplicada a la variable dureza. Los tratamientos seleccionados fueron la formulación 1 (12% chocho – 12% cebada malteada – 5 % soya – 60 RPM), formulación 9 (5% chocho – 12% cebada malteada – 5 % soya – 60 RPM), formulación 2 (5% chocho – 5% cebada malteada – 5% soya – 50 RPM) y formulación 10 (12% chocho – 5% cebada malteada – 5 % soya – 60 RPM) considerando que la dureza de los snacks se encuentra en un rango de 0.10 N a 24.12 N, valores similares reportados por Pérez et al. (2017) en extruidos de quinua, camote y chocho (8.29 N a 15.59 N). Este análisis fue necesario para el siguiente paso de la investigación, análisis sensorial por parte de los panelistas.

### ***3.2.2. Resultados de la evaluación sensorial***

En la Tabla 8, se aprecian las calificaciones obtenidas en la evaluación sensorial para las características apariencia, sabor, textura, olor y aceptabilidad, en un rango



de 1 como mínimo y de 5 como calificación máxima de los cuatro tratamientos seleccionados.

**Tabla 8.** Valoración total de la evaluación sensorial (n=30) de los tratamientos de los productos extruidos seleccionados.

<b>Parámetros</b>	<b>Escala hedónica</b>	Formulación <b>1</b>	Formulación <b>2</b>	Formulación <b>9</b>	Formulación <b>10</b>
<b>Apariencia</b>	Me gusta mucho o	17	4	3	3
	Me gusta	7	5	11	2
	Ni me gusta ni me disgusta	3	9	7	7
	Me disgusta	2	8	6	12
	Me disgusta mucho	1	4	3	6
<b>Sabor</b>	Me gusta mucho	17	4	6	8
	Me gusta	7	8	11	4
	Ni me gusta ni me disgusta	6	9	9	6
	Me disgusta	0	8	4	5
	Me disgusta mucho	0	1	0	7
<b>Textura</b>	Me gusta mucho	17	2	5	3
	Me gusta	8	5	11	2
	Ni me gusta ni me disgusta	2	10	6	7
	Me disgusta	3	9	3	8
	Me disgusta mucho	0	4	5	10
<b>Olor</b>	Me gusta mucho	11	3	3	3
	Me gusta	9	6	12	3
	Ni me gusta ni me disgusta	8	13	10	10
	Me disgusta	2	7	2	8
	Me disgusta mucho	0	1	3	6
<b>Aceptabilidad</b>	Me gusta mucho	17	2	8	4
	Me gusta	9	10	10	3
	Ni me gusta ni me disgusta	4	8	7	10
	Me disgusta	0	10	4	8
	Me disgusta mucho	0	0	1	5

**Fuente:** Elaboración propia

Con relación al análisis estadístico los datos obtenidos de la evaluación sensorial no presentaron normalidad (Shapiro-Wilkes), ni varianza en los residuos, por lo

cual, se optó trabajar bajo estadística no paramétrica, utilizando la prueba estadística Friedman al estar fundamenta en la comparación de proporciones con respecto a la media de los datos (Ríos y Peña, 2020). La prueba de Friedman con relación a la apariencia, sabor, textura, olor y aceptabilidad presentaron un valor-P de  $<0,0001$ , determinando que existe diferencia significativa entre las formulaciones analizadas (Anexo C, Tabla C 1 - 5) que a continuación se detalla:

En cuanto al parámetro apariencia (Anexo C, Tabla C1), se muestran los rangos de valoración de menor a mayor grado de con respecto a la apariencia del extruido. La formulación 1 (12% gritz de chocho, 12% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), presento la mayor valoración en la apariencia por el panel de jueces, mientras que, la formulación 10 (12% gritz de chocho, 5% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM) mostró el menor nivel de valoración en la apariencia, debiéndose probablemente a la opacidad del extruido.

Con referencia al sabor de las formulaciones analizadas (Anexo C, Tabla C2) se observa los rangos de valoración de menor a mayor grado donde la formulación 1 (12% gritz de chocho, 12% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM) presento la mayor aceptabilidad con respecto al sabor por el panel de jueces, mientras que la, a formulación 10 (12% gritz de chocho, 5% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM) muestra el menor grado de valoración. Estos resultados podrían ser atribuidos al contenido de minerales y proteínas como ha mencionado (Ruíz et al., 2019).

En el Anexo C, Tabla C3, se muestra que los rangos de valoración de menor a mayor grado con respecto a la textura del extruido. La formulación 1 (12% gritz de chocho, 12% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), presento la mayor aceptabilidad con respecto a la textura por el panel de jueces. Mientras que la formulación 10 (12% gritz de chocho, 5% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), muestra el menor grado de valoración. Esto podría atribuirse a los espacios de oxígeno dentro del extruido, a mayor oxígeno presente en el extruido menor será la dureza (Boluarte et al., 2018).

En cuanto al parámetro olor, en el Anexo C, Tabla C4, se muestran los rangos de valoración de menor a mayor grado de con respecto al olor del extruido. La

formulación 1 (12% gritz de chocho, 12% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), presento la mayor aceptabilidad con respecto al olor, por otro lado, a formulación 10 (12% gritz de chocho, 5% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), mostró el menor nivel de aceptabilidad en el olor de snack.

Con referencia a la aceptabilidad del extruido (Anexo C, Tabla C5) se observa los rangos de valoración de menor a mayor grado donde la formulación 1 (12% gritz de chocho, 12% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), presento la mayor aceptabilidad, por otro lado, la formulación 10 (12% gritz de chocho, 5% gritz de cebada malteada, 5% de gritz de soya y 60 RPM), muestra el menor nivel de aceptabilidad.

En consecuencia, la formulación 1 (12% chocho – 12% cebada malteada – 5 % soya – 60 RPM) es la mejor combinación de producto extruido resultante con las valoraciones más altas en todos los parámetros estudiados.

### 3.3. Evaluación de la mejor formulación

#### 3.3.1. *Propiedades funcionales de la mejor formulación*

En la Tabla 9 se muestra los valores de las propiedades funcionales de la mejor formulación del producto extruido. El índice de absorción de agua (IAA), muestra la capacidad del almidón presente en la muestra para retener agua sin necesidad de aplicar un aumento en la temperatura. El índice de solubilidad en agua (ISA) indica la capacidad del almidón de solubilizarse en medio acuoso, mientras que poder de hinchamiento (PH), expresa la cantidad de agua absorbida cuando el almidón se encuentra sometido por algún proceso específico, y esta capacidad es la que se presenta en las propiedades de las harinas (Márquez, 2021).

**Tabla 9.** *Propiedades funcionales del extruido*

<b>IAA (g/g s.s.)</b>	<b>ISA (%)</b>	<b>PH (g/g s.s.)</b>
4.01	3.57	9.34

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados obtenidos son similares a estudios en las mismas condiciones de trabajo. El índice de absorción en agua registró un valor de 4.01 (g/g s.s.), una diferencia no mayor al valor 4.70 (g/g s.s.) reportado por Flores (2008) en cascarilla de soya. Sin embargo, en el estudio realizado por Montano (2013), el IAA, detalló 6.81 (g/g s.s.) en almidón de maíz, donde existe una ligera diferencia, al igual que el 6.10 (g/g s.s.) registrado en la investigación de Aro y Calsin, (2019) con una mezcla alimenticia a base de quinua, cañihua, cebada, maíz, haba y soya.

Por otro lado, el índice de solubilidad en agua registró un valor de 3.57%, similar al valor de 3.62% señalado por Mendoza (2015), en maíz y soya y una diferencia no tan marcada en comparación con el 2.74% de Montano (2013), y el 1.48% de Márquez (2021), esta última investigación con materias primas, soya y almidón de papa.

Finalmente, para el valor registrado en poder de hinchamiento fue de 9.34 (g/g s.s.), de igual manera se repite la tendencia de no presentar una mayor diferencia con respecto al 8.920 (g/g s.s.) indicado por Hernández (2016) y el 8.041 (g/g s.s.) de Mendoza (2015). Sin embargo, donde sí se demostró una marcada diferencia de resultados fue en la investigación de Jiménez (2013) misma que utilizó exclusivamente chocho como materia prima, señalando en todas las propiedades funcionales un IAA de 3.76 (g/g s.s.), un ISA de 0.89% y un PH de 3.79 (g/g s.s.). En consecuencia, la marcada diferencia se podría asumir al uso exclusivo del chocho y también a que, al mezclar las materias primas (chocho, cebada y soya), existe un cambio en las propiedades presentando una homogeneidad en los resultados previamente citados

### ***3.3.2. Composición proximal y minerales de la mejor formulación***

En la Tabla 10, se visualizan las cantidades porcentuales del análisis proximal y minerales de la mejor formulación. El extruido tipo snack a base de chocho, cebada malteada y soya presentó menor contenido de proteína (11.46%) en comparación con estudios desarrollados con la combinación de cereales y/o leguminosas, como maíz, amaranto y soya (Cueva, 2012) que obtuvieron un valor de 18% de proteína, trigo, quinua y chontaduro, lograron 15.68% de proteína (Dussán-Sarria et al.,

2019), harina de arveja y avena que alcanzó 13.43% de proteína (Yépez y Lozano,2022) y maíz azul criollo y amaranto, con un rango de 1.08 a 15.52% de proteína (Gámez-Valdez et al., 2021). Este resultado podría atribuirse a la desnaturalización de proteínas durante la extrusión debido a las altas temperaturas, presiones y fuerzas de corte involucradas en el proceso (Murillo-González, 2020). En consecuencia, las proteínas presentes en las materias primas pudieron sufrir desnaturalización debido al calor y la fricción. Las altas temperaturas pudieron cambiar la estructura de las proteínas, haciendo que pierdan su forma y función originales.

Adicionalmente, otro parámetro destacable es la alta humedad del extruido obtenida al utilizar las materias primas; chocho, cebada malteada y soya (5.70%), en comparación con otros extruidos como el snack elaborado a base de maíz, soya, que tuvo un contenido de humedad de 3% (Cueva, 2012). Por el contrario, se encontró un mayor contenido de humedad en extruidos elaborados con trigo, quinua y chontaduro, alcanzando un 9.06% (Dussán-Sarria et al., 2019). Finalmente, el contenido de grasa, carbohidratos, fibra fueron similares a los valores reportados por Cueva (2012), Dussán-Sarria et al. (2019), Gámez-Valdez et al. (2021).

La variabilidad entre el análisis proximal de los snacks puede atribuirse a la estructura propia de un alimento (Cornejo et al., 2016).

**Tabla 10.** *Composición proximal y minerales de la mejor formulación del producto extruido*

<b>Parámetro</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultado (n=3)</b>
Humedad	%Base fresca	5.70
Grasa	% Base Seca	7.55
Proteína	% Base Seca	11.46
Fibra	% Base Seca	2.75
Cenizas	% Base Seca	0.18
ELN	% Base Seca	78.06
Calcio	% Base Seca	0.21
Fosforo	% Base Seca	0.05
Magnesio	% Base Seca	0.08

Potasio	% Base Seca	0.21
Sodio	% Base Seca	0.33
Cobre	ppm*	2
Hierro	Ppm	269
Manganeso	Ppm	<0.1
Zinc	Ppm	9

\* ppm: partes por millón

**Fuente:** INIAP-2023

### 3.3.3. Perfil de aminoácidos de la mejor formulación

En la Tabla 11, se observa el contenido de aminoácidos de la mejor formulación. El contenido de lisina (0.05 g AA/100g) encontrado en el extruido es inferior a la requerida en la dieta, esto por consecuencia de la utilización del extrusor, atribuyéndose que las altas temperaturas con las que se desarrolla el proceso provocan una degradación y pérdida de algunos aminoácidos susceptibles al calor y humedad. Siendo el causante de la disminución del valor nutricional del producto final (Dussán-Sarria et al., 2019). Además, el contenido de lisina es inferior en comparación al extruido a base de avena y arveja al presentar un valor de 0.76 g AA/100g de lisina (Yépez y Lozano, 2022).

Asimismo, otros aminoácidos esenciales como la fenilalanina, leucina, treonina e isoleucina encontrados en este estudio son comparables con la harina de quinua y harina de Chontaduro (Dussán-Sarria et al., 2019).

Finalmente, el extruido de chocho, cebada malteada y soya presenta mayor cantidad de aminoácidos esenciales en comparación al snack elaborado a base de harina de batanvalina (18.90mg/100g, ácido aspártico 38.90 mg/100g y ácido glutámico 21 mg/100g, glicina 16 mg/100g, arginina 15.2 mg/100g, alanina 8.30 mg/100g, tirosina 6.80 mg/100g y metionina 5 mg/100g) reportado por Achundia et al. (2019), y con el extruido a base de avena (0.30% de histamina, 0.57% valina, 1.27% triptófano, 0.19% metionina, 0.60% fenilalanina, 0.45% isoleucina, 0.86% leucina, 0.76% lisina, 0.44% treonina) reportado por Yépez y Lozano (2022).

**Tabla 11.** Perfil de aminoácidos de la mejor formulación de producto extruido

<b>Parámetro</b>	<b>Referencia</b>	<b>Resultado</b>
Acido Aspártico	% Base Seca	0.67
Acido Glutámico	% Base Seca	2.18
Serina	% Base Seca	0.23
Histidina	% Base Seca	0.52
Treonina	% Base Seca	0.31
Glicina	% Base Seca	0.59
Arginina	% Base Seca	0.65
Alanine	% Base Seca	0.74
Tirosina	% Base Seca	0.56
Valina	% Base Seca	0.41
Metionina	% Base Seca	0.14
Fenil alanina	% Base Seca	0.43
Isoleucina	% Base Seca	0.39
Leucina	% Base Seca	0.98
Lisina	% Base Seca	0.05
Aminoácidos totales	% Base Seca	8.85 p/p*

\* p/p: masa/masa

**Fuente:** Analytical Laboratories, 2023

### **3.4. Verificación de hipótesis**

De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia que la incorporación de chocho, cebada malteada y soya si influyen sobre las propiedades sensoriales, composición proximal y propiedades funcionales de la mejor formulación obtenida. Bajo este contexto se acepta la hipótesis alternativa planteada en apartados anteriores.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Se encontró que los gritz derivados de las materias primas chocho (*Lupinus Mutabilis*), cebada malteada (*Hordeum vulgare*) y soya (*Glycine max*) exhibieron niveles significativos de proteína y fibra. Específicamente, el chocho mostró un contenido de proteína del 56.25%, la cebada malteada del 39.10%, y la soya del 7.39%. En cuanto a la fibra, los valores correspondientes fueron 13.4% para el chocho, 9.2% para la cebada malteada y 11.9% para la soya.
- Se realizó un análisis sensorial para evaluar diferentes formulaciones de producto extruido a partir de chocho, cebada malteada y soya. La formulación que incluía un 12% de gritz de chocho, un 12% de gritz de cebada malteada y un 5% de gritz de soya a 60 RPM demostró tener las mejores características organolépticas, por lo que fue considerada como la mejor formulación para el producto extruido obtenido.
- En cuanto a las propiedades funcionales de esta mejor formulación, se encontró un índice de absorción en agua de 4.01 (g/g s.s.), un índice de solubilidad en agua del 3.57% y un poder de hinchamiento de 9.34 (g/g s.s.). En la composición proximal, se destacó que esta formulación obtuvo un 11.46% de proteína y una considerable cantidad de hierro, alcanzando los 269 ppm.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda el control de temperatura durante la elaboración de extruidos a base de chocho, cebada malteada y soya, debido a que influye en la dureza del snack a consecuencia de la gelatinización del almidón y en la calidad sensorial.
- Se recomienda que la utilización de la formulación determinada en porcentaje de cebada malteada y soya pueda ser reemplazado por otras materias primas autóctonas que mejoren al contenido de composición proximal de productos extruidos.



- Se recomienda la sustitución parcial de maíz en productos extruidos, como una opción para futuras investigaciones.
- Adicionalmente, se sugiere el empleo de diferentes condimentos naturales o artificiales por aspersion al extruido caliente para fijar el sabor, si fuese la opción para su mayor aceptabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adedeji, A, Joseph, M, Plattner, B. & Alavi, S. (2017). Propiedades fisicoquímicas y funcionales del análogo de frijol extruido a base de sorgo. *Revista de ingeniería de procesos alimentarios*, 40 (2), e12401.
- Aldana, M., Maldonado, L., & Moncada, E. (2022). *Elaboración de una bebida energética a base de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) con sorgo (*Sorghum bicolor* L.)* [Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7320>
- Álvarez, I., Natera, J., & Castillo, Y. (2019). Generación y transferencia deficiencia, tecnología e innovación como claves de desarrollo sostenible y cooperación internacional en América Latina. *Documentos de trabajo*, 19, 2ª. <https://n9.cl/s5d43>.
- Anchundia, M., Pérez, E, & Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 137-143. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000200137&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000200137&script=sci_arttext)
- Anderson, R, Conway,H, Pheiser,V & Griffin,E. (1969). Gelatinisation of corn grits by roll and extrusión cooking. *Cereal Science , Today*, 14, 4-12. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572543025163566080>
- AOAC. (2000). *AOAC: Official Methods of Analysis, Crude Fiber 2000* (Vol. 13th). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-97/>
- AOAC. (2001). Official Method 2001.11: Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds.
- AOAC. (2003). Official Method 2003.06: Fat in food, cereals, and fodder.
- AOAC. (2015). Official Method 925.10: Determination of moisture.
- Arias, Y., & Lozano, E. (2017). *Análisis gastronómico de la harina de cebada (*Hordeum vulgare*), en el cantón Riobamba* (Doctoral dissertation,

Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.).

- Aro, J., & Calsin, M. (2019). Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maíz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción - extrusión. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4), 293–303. <https://doi.org/10.18271/RIA.2019.506>
- Astudillo, E. (2016). Evaluación de tres abonos foliares orgánicos en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* BENTH), en la quinta experimental docente La Argelia [Loja: Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/14411>
- Berk, Z. (2018). Extrusion. *Food Process Engineering and Technology*, 373–394. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812018-7.00015-4>
- Boluarte, G., Dionisio, C., & Cisneros, F. (2018). Efecto del tipo de agente de pelado, tiempo de cocción y contenido de humedad en la calidad de snacks fritos de maíz blanco gigante (*Zea mays*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(1), 157-171. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2018000100014&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2018000100014&script=sci_arttext)
- Bouvier, J., & Campanella, O. (2014). Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials. *Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials*, 1–518. <https://doi.org/10.1002/9781118541685>
- Borah, A., Lata Mahanta, C., & Kalita, D. (2016). Optimization of process parameters for extrusion cooking of low amylose rice flour blended with seeded banana and carambola pomace for development of minerals and fiber rich breakfast cereal. *Journal of Food Science and Technology* 2015 53:1, 53(1), 221–232. <https://doi.org/10.1007/S13197-015-1772-9>
- Cárdenas, N. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas. *La Ciencia al Servicio de La Salud*, 10(Ed. Esp.), 260–269. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/265>

- Chalampunte-Flores, D., Bastidas, CT & Sørensen, M. (2021). El chocho andino- 'El Chocho' o 'Tarwi' (Lupinus mutabilis Sweet). *Biodiversos. En línea J. , 1 .*  
[https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Tapia-4/publication/353185981\\_The\\_Andean\\_Lupine-%27El\\_Chocho%27\\_or\\_%27Tarwi%27\\_Lupinus\\_Mutabilis\\_Sweet\\_General\\_Observations\\_on\\_the\\_Culture\\_of\\_Lupine\\_Lupinus\\_Mutabilis\\_Sweet/links/60ec3a469541032c6d328f1a/The-Andean-Lupine-El-Chocho-or-Tarwi-Lupinus-Mutabilis-Sweet-General-Observations-on-the-Culture-of-Lupine-Lupinus-Mutabilis-Sweet.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Cesar-Tapia-4/publication/353185981_The_Andean_Lupine-%27El_Chocho%27_or_%27Tarwi%27_Lupinus_Mutabilis_Sweet_General_Observations_on_the_Culture_of_Lupine_Lupinus_Mutabilis_Sweet/links/60ec3a469541032c6d328f1a/The-Andean-Lupine-El-Chocho-or-Tarwi-Lupinus-Mutabilis-Sweet-General-Observations-on-the-Culture-of-Lupine-Lupinus-Mutabilis-Sweet.pdf)
- Coque Guacollante, K. (2020). Evaluación de la calidad maltera para la elaboración de cerveza con la línea promisorio CM-09-003 procedente de siete localidades (Bachelor's thesis, Quito: UCE).  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22364>
- Coral, V., & Gallegos, R. (2015). InfoAnalitica. Obtenido de Raíces y Tubérculos: <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-DeterminacionProximalDeLosPrincipalesComponentesNu-8382661.pdf>
- Coronel, M. (2016). Desarrollo de cerveza de Amaranto. Obtenido de Malteado de cebada: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14331/1/65685\\_1.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14331/1/65685_1.pdf)
- Coronel, J., & Jiménez, C. (2011). Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur. *Boletín Divulgativo No. 404*, 1–11.  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1106>
- Cornejo, L., Gaido, A., & López, C. (Diciembre de 2016). Obtenido de Snack a base de harina de Amaranto, espirulina y sin gluten: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4719/tesis%20SNACK%20AMARANTO%20y%20SPIRULINA.pdf?sequence=1>
- Cueva, P. (Mayo de 2012). Obtenido de diseño de una planta agroindustrial procesadora de alimentos extruidos tipo snack, a partir de soya (Glycine max L) y amaranto (Amaranthus sp): <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1106>

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://d1wqtxts1xzle7.cloud front.net/89954848/UDLA-EC-TIAG-2012-05- libre.pdf?1660957390=&response-content- disposition=inline%3B+filename%3DDisen%2Fde%2Funa%2Fplanta%2Fagroindustrial\_ proc.pdf&Expires=1683221723

Domínguez Carvajal, A. (2009). Evaluación del efecto de tres condiciones de almacenamiento sobre la estabilidad y tiempo de vida en anaquel de panela granulada producida por las unidades artesanales en Ingapi y Pacto (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009). <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1672>

Dussán-Sarria, S., Cruz-Noguera, R., & Godoy, S. (2019). Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Información tecnológica*, 30(6), 93-100. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000600093&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000600093&script=sci_arttext).

Espinoza, K., Acero, D., & Martínez, N. (2021). Elaboración de Snack extruido a partir de Cereales y Concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. In *Anales Científicos* (Vol. 82, No. 1, pp. 180-191). Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8165263>

Farag, M, Xiao, J. & Abdallah, H. (2022). Valor nutricional del cereal de cebada y mejores oportunidades para su procesamiento como alimento de valor agregado: una revisión exhaustiva. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62 (4), 1092-1104. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1835817>

Fuentes, H. A. (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. <https://bdigital.zamorano.edu/items/b31e1bb4-50b3-4e28-af8b-f1b0b5c101c2>

Flores, R. (2008). Efecto de la incorporación de fibra dietética de diferentes fuentes sobre propiedades de textura y sensoriales en tortillas de maiz (*Zea mays* L.) [Instituto Politécnico Nacional].

<http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/952>

- Flores, L., Ruiz, A., & Oscanoa, Alberto. (2021, January 1). Protocolo para determinación de cenizas en microalgas liofilizadas. *IMARPE - Instituto Del Mar Del Perú*, 8–10. <https://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3537/1/Informe%2048-1%20Articulo2.pdf>
- Juárez-Fuentes, B., Lagunes-Espinoza, L, Bucio-Galindo, A., Delgado-Alvarado, A., Pérez-Flores, J., & López-Upton, J. Efecto de tratamientos hidrotérmico, remojo y germinación en la composición química de semillas de lupinus silvestres. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1305/1066>
- Jiménez, J. (2013). Diseño del proceso de extrusión para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla amaranto, quinua, chocho y avena. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6444>
- Jiménez, O., & Ojeda, R. (2017, January 24). Estudiantes universitarios y el estilo de vida. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4(8), 116–125. <https://doi.org/10.1590/S0124-00642010000100011>
- Gámez-Valdez, LC, Gutiérrez-Dorado, R., Gómez-Aldapa, C, Perales-Sánchez, J, Milán-Carrillo, J., Cuevas-Rodríguez, E, & Reyes-Moreno, C. (2021). Efecto de la adición de harina extrusionada de amaranto en la calidad nutricional, nutracéutica y sensorial de tortillas elaboradas a partir de harina extrusionada de maíz azul criollo. *Biotecnia*, 23 (2), 103-112.
- García, F., Ciampitti, I., & Baigorri, H. (2009, April). Manual de manejo del cultivo de Soja. *International Plant Nutrition Institute (IPNI)*, 1–5.
- Guerra, I., & García, J. (2022). Diseño de un plan de marketing estratégico para el emprendimiento de productos alimenticios con valor agregado. *Revista Imaginario Social*, 5(1), 5–6. <http://www.revista-imaginariosocial.com/index.php/es/article/view/76/173>
- González, M. (2012). *Elaboración y Evaluación Nutricional de una Bebida*

*Proteica a Base de Lactosuero y Chocho (Lupinus mutabilis) como Suplemento Alimenticio.* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1592>

Granados, J., Tello, M., Gutierrez, A., Díaz, L., & Arce, V. (2019). Empleo de tres métodos de desamargado a través de la evaluación sensorial de harina y pan de *Lupinus mutabilis* Sweet. *Agroindustrial Science*, 9(1), 53-59.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7023241>

Grasso, S. (2020). Extruded snacks from industrial by-products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 99, 284–294.  
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.012>

Gulisano, A., Alves, S., Martins, JN & Trindade, LM (2019). Genética y mejoramiento de *Lupinus mutabilis*: un cultivo proteico emergente. *Fronteras en la ciencia de las plantas*, 10, 1385.  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2019.01385/full>

Hardi, H., Syamsul, M., Yuliasih, I., & Hermawan, A. (2018). Innovation Typology in Food Industry Sector: A Literature Review. *International Journal of Modern Research In Engineering and Technology (IJMRET)*, 8–19.  
[https://www.researchgate.net/publication/326399671\\_Innovation\\_Typology\\_in\\_Food\\_Industry\\_Sector\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/326399671_Innovation_Typology_in_Food_Industry_Sector_A_Literature_Review)

Hernández, K. (2016). *Formulación y Caracterización de Películas Comestibles de Almidón de Papa Nativo y Modificado.* Universidad Veracruzana.

Herrero, F. (2015). Ensayo preliminar de obtención de ensilado biológico de anchoita (*Engraulis Anchoita*), utilizando hez de malta de cebada (*Hordeum Vulgare L*) como fuente de hidratos de carbono—Preliminary test of procurement of biological silage. 14.

INEN, N. 520, 2013, Harinas de origen vegetal.. Determinación de ceniza. Norma Técnica Ecuatoriana.

Jiménez, O., & Ojeda, R. (2017, January 24). Estudiantes universitarios y el estilo de vida. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4(8), 116–125. <https://doi.org/10.1590/S0124->

00642010000100011

- Leonard, W., Zhang, P., Ying, D., & Fang, Z. (2019). Application of extrusion technology in plant food processing byproducts: An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(1), 218–246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12514>
- López, W., Luna, C., Flores, C., Lopez, M., Temoche, G., & Grandes, M. (2016). Análisis de aceptación y preferencia de un snack extruido a partir de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y arroz (*Oryza sativa*L.). *INGnosis*, 2(2), 366-376. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ingnosis/article/view/1496>
- Márquez, D. (2021). Elaboración de películas biodegradables utilizando escamas de pescado, concentrado de proteína de soya y almidón de papa [Universidad Veracruzana]. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/50807>
- Martínez,A., Ruivenkamp, G., & Jongerden, J. (2016). Fitomejoramiento y racionalidad social: los efectos no intencionales de la liberación de una semilla de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. *Antípoda. Revista de Antropología y Arqueología*, (26). <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/antipoda/article/view/2001>
- Martin, A., Schmidt, V., Osen, R., Bez, J., Ortner, E., & Mittermaier, S. (2022). Texture, sensory properties and functionality of extruded snacks from pulses and pseudocereal proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(12), 5011–5021. <https://doi.org/10.1002/JSFA.11041>
- Manosalvas, L., Villacrés, C., & Taimal, R. (2019). Efecto de la humedad de alimentación y temperatura de extrusión sobre el contenido nutricional de un snack a base de maíz, chocho y papa. *Revista Bases de La Ciencia*, 4(3), 67–80. [https://doi.org/10.33936/REV\\_BAS\\_DE\\_LA\\_CIENCIA.V4I3.1911](https://doi.org/10.33936/REV_BAS_DE_LA_CIENCIA.V4I3.1911)
- Maskan, M., & Altan, A. (2016). *Advances in Food Extrusion Technology (Segunda)*. CRC Press Taylor & Francis Group. <https://es.scribd.com/document/457917955/Advances-Food-Extrusion-Technology-M-Maskan-A-Altan-pdf>
- Mendoza, R. (2015). Efecto del ph y de la proteina de soja sobre propiedades



- funcionales y de empastado de almidones de maíz, arroz, patata y tapioca [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/14343>
- Montano, A. (2013). Modificación física del almidón de maíz a escala nanométrica para su uso en la industria alimentaria [Universidad Veracruzana]. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46810>
- Murillo-González, R. (2020). Aplicación de la Tecnología de extrusión en productos con alto contenido en proteína. Trabajo final de Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia .
- Nathan, R., Soekmawati, Victor, V., Popp, J., Fekete-Farkas, M., & Oláh, J. (2021). Food Innovation Adoption and Organic Food Consumerism—A Cross National Study between Malaysia and Hungary. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 363, 10(2), 363. <https://doi.org/10.3390/FOODS10020363>
- Paykary, M., Karim, R., Saari, N., Sulaiman, R., Shekarforoush, E., & Aghazadeh, M. (2016). Optimization of Leavening Agents in Extruded Gluten- Free Brewer's Rice Hard Pretzel Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Process Engineering*, 39(6), 610–624. <https://doi.org/10.1111/JFPE.12254>
- Pardhi, S., Singh, B., Nayik, G., & Dar, B. N. (2019). Evaluation of functional properties of extruded snacks developed from brown rice grits by using response surface methodology. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(1), 7–16. <https://doi.org/10.1016/J.JSSAS.2016.11.006>
- Pilla, S., & Vinci, G. (2013). *Cervezas de todo el mundo*. Parkstone International. <https://n9.cl/m0m07>
- Peralta, E. (2016). El chocho en Ecuador “estado del arte.” In *Repositorio Digital INIAP* (INIAP, PRONALEG,2016). EC: INIAP, PRONALEG, 2016. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3938>
- Pérez, K., Elías, C., & Delgado, V. (2017). Bocado con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8(4),

377-388. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172017000400009&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172017000400009&script=sci_arttext&tlng=en)

Ríos, A., & Peña, A. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19), 191-208.

<https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/horizontedelaciencia/article/view/597>

Robalino, P., Salazar, X., & Alvarado, J. (1993). *Ciencia e Ingeniería*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24465/2/Alimentos\\_2\\_2\\_1993.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24465/2/Alimentos_2_2_1993.pdf)

Romero Morán, A. K. (2018). *Análisis nutricional comparativo entre snacks de malanga (xanthosoma saggitifolium) y papa china (colocasia esculenta) mediante la fritura convencional* (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo, 2018). <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4680>

Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). Usos alternativos del chocho: Chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) alimento andino redescubierto. *Boletín Divulgativo*.

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>

Ruiz-López, M, Barrientos-Ramírez, L., García-López, P, Valdés-Miramontes, EH, Zamora-Natera, J, Rodríguez-Macias, R., & Vargas-Radillo, J. (2019). Compuestos nutricionales y bioactivos en especies de frijol chocho mexicano: una minirevisión. *Nutrientes*, 11 (8), 1785. <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/8/1785>

Salinas, N. (2011). Caracterización de snacks extruídos de ocumo-maíz enriquecidos con aceite de palma parcialmente refinado como ingrediente funcional. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 24(2), 72-77. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-07522011000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522011000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Singh, S., Singh, V. & Layek, S. (2017). Influencia de los niveles de azufre y zinc en el crecimiento, rendimiento y calidad de la soja (*Glycine max* L.). *Revista*

*Internacional de Ciencias de Plantas y Suelos*, 18 (2), 1-7.  
[https://www.researchgate.net/profile/Virendra-Singh-8/publication/319291777\\_Influence\\_of\\_Sulphur\\_and\\_Zinc\\_Levels\\_on\\_Growth\\_Yield\\_and\\_Quality\\_of\\_Soybean\\_Glycine\\_max\\_L/links/59a1207b458515fd1fe11083/Influence-of-Sulphur-and-Zinc-Levels-on-Growth-Yield-and-Quality-of-Soybean-Glycine-max-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Virendra-Singh-8/publication/319291777_Influence_of_Sulphur_and_Zinc_Levels_on_Growth_Yield_and_Quality_of_Soybean_Glycine_max_L/links/59a1207b458515fd1fe11083/Influence-of-Sulphur-and-Zinc-Levels-on-Growth-Yield-and-Quality-of-Soybean-Glycine-max-L.pdf)

Terán, S. G. S., Maldona, C. D. C., & Sotomayor, S. X. Y. (2022). Elaboración de un snack salado extruido expandido a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y maíz. *Revista ESPAMCIENCIA*, 13(1), 32-38.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8627066>

Torres, J., Torres, R., Acevedo, D., & Gallo-García, L. (2015). Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. *Revista Vector* 10: 14-25.

Tyl, C., Bresciani, A., & Marti, A. (2021). Recent Progress on Improving the Quality of Bran-Enriched Extruded Snacks. *Foods* 2021, Vol. 10, Page 2024, 10(9), 2024. <https://doi.org/10.3390/FOODS10092024>

Vano, K., Jiménez, Y., & de Núñez, M. (2011, January 1). Estimación de la incertidumbre de la medición para la determinación de proteínas en alimentos por el método de Kjeldahl. *Revista INGENIERÍA UC*, 28–37.  
<https://www.redalyc.org/pdf/707/70723245005.pdf>

Vanshin, V., Vanshina, E., & Erkaev, A. (2017, July 3). Subproductos de la producción de alimentos como fuente de materias primas para la elaboración de productos extruidos. *Noticias Universitarias. Química Aplicada y Biotecnología*, 137–144.  
[http://journals.istu.edu/izvestia\\_biochemi/journals/2017/03/articles/15](http://journals.istu.edu/izvestia_biochemi/journals/2017/03/articles/15)

Vera, E. (Junio de 2013). Efecto de la deshidratación osmótica, el secado y el recubrimiento en la obtención de chocho crocante.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6391/1/CD-4905.pdf>

Vergara-Romero, A., Menor Campos, A., Arencibia Montero, O., & Jimber del Río,

J. A. (2022). Soberanía alimentaria en Ecuador: descripción y análisis bibliométrico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(98), 498-510. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890641>

Vergara, N., Orellana, F., Vizueta, V., Mata, D., Bernal, D., & San Andrés, P. (2016). El cultivo de soya y su importancia para el Ecuador [Universidad Internacional del Ecuador]. In *INNOVA Research Journal* (Vol. 1, Issue 12). <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V1.N12.2016.110>

Yépez, C. A. P., & Lozano, J. T. M. (2022). Evaluación del perfil de aminoácidos de una premezcla de polvo de arveja (*Pisum Sativum*) y avena (avena sativa). *Polo del Conocimiento*, 7(11), 230-260. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4854>

## ANEXOS

### Anexo A. Encuesta para la evaluación sensorial

#### EVALUACIÓN SENSORIAL

**Objetivo.** Establecer la mejor formulación de un snack de tipo extruido a base de chocho, cebada malteada y soya.

#### Indicaciones

Para llevar a cabo la degustación de cada una de las muestras proporcionadas, se sugiere:

**Paso 1:** Beber un bocado de agua, de preferencia tratando de abarcar toda su boca.

**Paso 2:** Empezar por una de las muestras.

**Paso 3:** Emitir el criterio de cada uno de los parámetros presentados en las tablas como se indican a continuación.

**Paso 4:** Una vez, que haya terminado de evaluar la muestra, beber nuevamente un bocado de agua, proceder a degustar la siguiente muestra.

La escala utilizada para evaluar las características sensoriales va desde el 1 al 5, donde

5 = ME GUSTA MUCHO

4 = ME GUSTA;

3 = NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA;

2 = ME DISGUSTA;

1 = ME DISGUSTA MUCHO

Muestra _____					
PARÁMETROS	5	4	3	2	1
APARIENCIA					
SABOR					
TEXTURA					
OLOR					
ACEPTABILIDAD					

Muestra _____					
PARÁMETROS	5	4	3	2	1
APARIENCIA					
SABOR					
TEXTURA					
OLOR					
ACEPTABILIDAD					

Muestra _____					
PARÁMETROS	5	4	3	2	1
APARIENCIA					
SABOR					
TEXTURA					
OLOR					
ACEPTABILIDAD					

Muestra _____					
PARÁMETROS	5	4	3	2	1
APARIENCIA					
SABOR					
TEXTURA					
OLOR					
ACEPTABILIDAD					

Observaciones:

Muchas gracias por su colaboración

Por. Arturo Albán R.

**Tabla B.1.** *Análisis de varianza para fracturabilidad*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A: CHOCHO	8,4173	1	8,4173	0,53	0,4756
B: CEBADA	885,658	1	885,658	55,63	0,0000*
C: SOYA	57,2718	1	57,2718	3,60	0,0724
D: VELOCIDAD	93,0998	1	93,0998	5,85	0,0253*
AB	218,384	1	218,384	13,72	0,0014*
AC	4,65583	1	4,65583	0,29	0,5946
AD	21,9884	1	21,9884	1,38	0,2537
BC	0,81984	1	0,81984	0,05	0,8228
BD	12,6379	1	12,6379	0,79	0,3835
CD	9,52661	1	9,52661	0,60	0,4482
Bloques	0,000630125	1	0,000630125	0,00	0,9950
Error total	318,383	20	15,9192		
Total (corr.)	1630,84	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a gritz de chocho, B pertenece a gritz de cebada malteada, C gritz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.2.** *Análisis de varianza para Viscosidad.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A: CHOCHO	1,15691	1	1,15691	0,92	0,3497
B: CEBADA	90,3554	1	90,3554	71,63	0,0000*
C: SOYA	63,1927	1	63,1927	50,10	0,0000*
D: VELOCIDAD	0,0126604	1	0,0126604	0,01	0,9212
AB	0,297703	1	0,297703	0,24	0,6324
AC	0,0520434	1	0,0520434	0,04	0,8411
AD	1,91566	1	1,91566	1,52	0,2321
BC	34,4253	1	34,4253	27,29	0,0000*
BD	0,0219189	1	0,0219189	0,02	0,8964
CD	5,50332	1	5,50332	4,36	0,0497*
Bloques	0,000150945	1	0,000150945	0,00	0,9914
Error total	25,2277	20	1,26139		
Total (corr.)	222,162	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a gritz de chocho, B pertenece a gritz de cebada malteada, C gritz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.3.** *Análisis de varianza para elasticidad*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A: CHOCHO	3,48876	1	3,48876	1,32	0,2638
B: CEBADA	146,496	1	146,496	55,52	0,0000*
C: SOYA	4,30858	1	4,30858	1,63	0,2159
D: VELOCIDAD	6,01698	1	6,01698	2,28	0,1467
AB	15,4124	1	15,4124	5,84	0,0253*
AC	5,39726	1	5,39726	2,05	0,1681
AD	60,1156	1	60,1156	22,78	0,0001*
BC	0,079202	1	0,079202	0,03	0,8642
BD	16,5284	1	16,5284	6,26	0,0211*
CD	2,63122	1	2,63122	1,00	0,3299
Bloques	0,00183012	1	0,00183012	0,00	0,9793
Error total	52,7714	20	2,63857		
Total (corr.)	313,247	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a griz de chocho, B pertenece a griz de cebada malteada, C griz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.



**Tabla B.4.** *Análisis de varianza para cohesión*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:CHOCHO	0,177385	1	0,177385	0,93	0,3469
B:CEBADA	2,08208	1	2,08208	10,89	0,0036*
C:SOYA	0,0122657	1	0,0122657	0,06	0,8026
D:VELOCIDAD	0,0581831	1	0,0581831	0,30	0,5873
AB	0,533932	1	0,533932	2,79	0,1103
AC	0,242469	1	0,242469	1,27	0,2734
AD	0,146814	1	0,146814	0,77	0,3913
BC	0,39283	1	0,39283	2,05	0,1672
BD	0,224534	1	0,224534	1,17	0,2914
CD	0,0160429	1	0,0160429	0,08	0,7750
Bloques	0,0203768	1	0,0203768	0,11	0,7475
Error total	3,82384	20	0,191192		
Total (corr.)	7,73075	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a gritz de chocho, B pertenece a gritz de cebada malteada, C gritz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.5.** *Análisis de varianza para gomosidad*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:CHOCHO	6,28085	1	6,28085	0,42	0,5243
B:CEBADA	605,094	1	605,094	40,46	0,0000*
C:SOYA	388,445	1	388,445	25,97	0,0001*
D:VELOCIDAD	47,6459	1	47,6459	3,19	0,0895
AB	44,6064	1	44,6064	2,98	0,0996
AC	134,583	1	134,583	9,00	0,0071*
AD	75,2611	1	75,2611	5,03	0,0364*
BC	348,236	1	348,236	23,28	0,0001*
BD	9,81577	1	9,81577	0,66	0,4274
CD	6,59662	1	6,59662	0,44	0,5142
Bloques	0,000344531	1	0,000344531	0,00	0,9962
Error total	299,116	20	14,9558		
Total (corr.)	1965,68	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a griz de chocho, B pertenece a griz de cebada malteada, C griz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.6.** *Análisis de varianza para masticabilidad*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:CHOCHO	58,2471	1	58,2471	4,04	0,0583
B:CEBADA	847,989	1	847,989	58,75	0,0000*
C:SOYA	2,37784	1	2,37784	0,16	0,6891
D: VELOCIDAD	0,00116403	1	0,00116403	0,00	0,9929
AB	303,238	1	303,238	21,01	0,0002*
AC	0,490793	1	0,490793	0,03	0,8556
AD	0,462482	1	0,462482	0,03	0,8597
BC	5,1112	1	5,1112	0,35	0,5585
BD	1,92521	1	1,92521	0,13	0,7188
CD	0,0895703	1	0,0895703	0,01	0,9380
Bloques	0,0000427812	1	0,0000427812	0,00	0,9986
Error total	288,69	20	14,4345		
Total (corr.)	1508,62	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a gritz de chocho, B pertenece a gritz de cebada malteada, C gritz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.7.** *Análisis de varianza para resiliencia*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:CHOCHO	0,00957417	1	0,00957417	1,84	0,1897
B:CEBADA	0,277976	1	0,277976	53,52	0,0000*
C:SOYA	0,0581141	1	0,0581141	11,19	0,0032*
D:VELOCIDAD	0,00235007	1	0,00235007	0,45	0,5089
AB	0,000782398	1	0,000782398	0,15	0,7020
AC	0,00394783	1	0,00394783	0,76	0,3936
AD	0,0467194	1	0,0467194	9,00	0,0071*
BC	0,0412254	1	0,0412254	7,94	0,0106*
BD	0,0218358	1	0,0218358	4,20	0,0537
CD	0,0530329	1	0,0530329	10,21	0,0045*
Bloques	0,000586788	1	0,000586788	0,11	0,7403
Error total	0,103875	20	0,00519375		
Total (corr.)	0,62002	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a griz de chocho, B pertenece a griz de cebada malteada, C griz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

**Tabla B.8.** *Análisis de varianza para dureza*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
A:CHOCHO	165,006	1	165,006	76,10	0,0000*
B:CEBADA	1395,25	1	1395,25	643,49	0,0000*
C:SOYA	30,3323	1	30,3323	13,99	0,0013*
D:VELOCIDAD	2,24032	1	2,24032	1,03	0,3215
AB	303,128	1	303,128	139,80	0,0000*
AC	27,1529	1	27,1529	12,52	0,0021*
AD	0,00116403	1	0,00116403	0,00	0,9817
BC	24,3969	1	24,3969	11,25	0,0032*
BD	0,00559153	1	0,00559153	0,00	0,9600
CD	7,16784	1	7,16784	3,31	0,0840
Bloques	0,0000577812	1	0,0000577812	0,00	0,9959
Error total	43,3653	20	2,16826		
Total (corr.)	1998,05	31			

**Nota:** AB, AC, AD, BC, BD, CD corresponde a las interacciones entre los factores principales donde A corresponde a griz de chocho, B pertenece a griz de cebada malteada, C griz de soya y D velocidad del tornillo. \* variable significativa.

*Anexo C. Análisis estadístico de la evaluación sensorial*

**Tabla C.1.** *Distribución de los tratamientos en función a la apariencia*

<b>Tratamiento</b>	<b>Suma (Ranks)</b>	<b>Media (Ranks)</b>	<b>n</b>	
<b>Formulación 10</b>	54,50	1,82	30	A
<b>Formulación 2</b>	65,00	2,17	30	AB
<b>Formulación 9</b>	76,00	2,53	30	BC
<b>Formulación 1</b>	104,50	3,48	30	D

**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,050$ )

**Tabla C.2.** *Distribución de los tratamientos en función al sabor*

<b>Tratamiento</b>	<b>Suma (Ranks)</b>	<b>Media (Ranks)</b>	<b>n</b>	
<b>Formulación 10</b>	60,00	2,00	30	A
<b>Formulación 2</b>	64,50	2,15	30	AB
<b>Formulación 9</b>	75,50	2,52	30	ABC
<b>Formulación 1</b>	100,00	3,33	30	D

**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,050$ )

**Tabla C.3.** *Distribución de los tratamientos en función al sabor*

<b>Tratamiento</b>	<b>Suma (Ranks)</b>	<b>Media (Ranks)</b>	<b>n</b>	
<b>Formulación 10</b>	51,00	1,70	30	A
<b>Formulación 2</b>	63,00	2,10	30	AB
<b>Formulación 9</b>	79,00	2,63	30	ABC
<b>Formulación 1</b>	107,00	3,57	30	D

**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,050$ )

**Tabla C.4.** *Distribución de los tratamientos en función al olor*

<b>Tratamiento</b>	<b>Suma (Ranks)</b>	<b>Media (Ranks)</b>	<b>n</b>	
<b>Formulación 10</b>	56,00	1,87	30	A
<b>Formulación 2</b>	67,50	2,25	30	AB
<b>Formulación 9</b>	77,50	2,58	30	BC
<b>Formulación 1</b>	99,00	3,30	30	D

**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,050$ )

**Tabla C.5.** *Distribución de los tratamientos en función a la aceptabilidad*

<b>Tratamiento</b>	<b>Suma (Ranks)</b>	<b>Media (Ranks)</b>	<b>n</b>	
<b>Formulación 10</b>	57,00	1,90	30	A
<b>Formulación 2</b>	60,50	2,02	30	AB
<b>Formulación 9</b>	79,00	2,63	30	C
<b>Formulación 1</b>	103,50	3,45	30	D

**Nota:** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,050$ )

## Anexo D. Documentación del análisis proximal, aminoácidos por parte de los laboratorios especializados.

MC-LSAIA-2201-07



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL**  
**SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS**  
Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfa. 2690691-3007134. Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 23-0353**

**\*\*NOMBRE PETICIONARIO:** Ing. Arturo Albán  
**\*\*DIRECCIÓN:** Latacunga  
**FECHA DE EMISIÓN:** 24/03/2023  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 17 al 24 marzo del 2023

**\*\*INSTITUCIÓN:** POSGRADO - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
**\*\*ATENCIÓN:** Ing. Arturo Albán  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 17/03/2023  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 11H00  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Proximal y minerales

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZA <sup>Q</sup>	E.E. <sup>Q</sup>	PROTEÍNA <sup>Q</sup>	FIBRA <sup>Q</sup>	E.L.N. <sup>Q</sup>	**IDENTIFICACIÓN	
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03	MO-LSAIA-01.04	MO-LSAIA-01.05	MO-LSAIA-01.06		
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970		
UNIDAD	%	%	%	%	%	%		
23-0353	5,70	0,18	7,55	11,46	2,75	78,06	Extruido de maíz	

ANÁLISIS	HUMEDAD	Ca <sup>Q</sup>	P <sup>Q</sup>	Mg <sup>Q</sup>	K <sup>Q</sup>	Na <sup>Q</sup>	**IDENTIFICACIÓN	
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.04	MO-LSAIA-03.01.02	MO-LSAIA-03.01.03	MO-LSAIA-03.01.03		
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980		
UNIDAD	%	%	%	%	%	%		
23-0353	5,70	0,21	0,05	0,08	0,21	0,33	Extruido de maíz	

ANÁLISIS	HUMEDAD	Cu <sup>Q</sup>	Fe <sup>Q</sup>	Mn <sup>Q</sup>	Zn <sup>Q</sup>	**IDENTIFICACIÓN	
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02	MO-LSAIA-03.02		
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980	U. FLORIDA 1980		
UNIDAD	PS %	ppm	ppm	ppm	ppm		
23-0353	5,70	2	69	<0,1	9	Extruido de maíz	

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**VERÓNICA ARIAS**  
 ARÍAS ARIAS  
**Quim. Verónica Arias**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**ING. BLADIMIR ORTIZ**  
 ORTIZ RAMÍREZ  
**Ing. Bladimir Ortiz**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD**

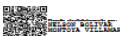


**INFORME DE RESULTADOS**  
**IDR 34897-2023**

Fecha: 05 de abril del 2023

DATOS DEL CLIENTE					
Nombre	ALBAN RODRIGUEZ ARTURO ALEJANDRO				
Dirección	Latacunga - Ecuador				
Teléfono	0999012135				
Contacto	Sr. Arturo Alban				
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo de muestra	Alimento	Cantidad	Aprox. 200 g		
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A		
Presentación	Funda plástica	Fecha de recepción	24 de marzo del 2023		
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A		
CONDICIONES DEL ANALISIS					
Temperatura (°C)	22.0	Humedad (%)	54.4		
Fecha de inicio de análisis	28 de marzo del 2023				
Fecha de Finalización del análisis	28 de marzo del 2023				
RESULTADOS					
PERFIL DE AMINOACIDOS					
CODIGO CLIENTE	CODIGO USA	PARAMETROS	RESULTADOS	Unidad	Límite de Cuantificación
Muestra: Extruido de tipo alimenticio a base de chocho, cebada malteada y soya	UBA-34897-1	Acido Aspártico	0.67	% muestra Base húmeda	-
		Acido Glutámico	2.18		
		Serina	0.23		
		Histidina	0.52		
		Treonina	0.31		
		Glicina	0.59		
		Arginina	0.65		
		Alanine	0.74		
		Tirosina	0.56		
		Valina	0.41		
		Metionina	0.14		
		Fenil alanina	0.43		
		Isoleucina	0.39		
		Leucina	0.98		
Lisina	0.05				
Aminoácidos totales	8.85 p/p				
Observaciones:					
1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote.					
2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio.					
3. Nomenclatura: N.E. = No Estimado; N.A. = No aplica; AA = Aminoácidos; p/p = Peso Peso; p/v = Peso Volumen.					
4. La información relacionada con la toma de muestra fue proporcionada por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de la veracidad de la información que ha sido proporcionada por el cliente y que puede afectar directamente a la validez de los resultados.					

FOR ADM. 04 R01



Página 1 de 1





**Anexo Adicionales. Fotografías del proceso experimental en la elaboración del producto extruido.**

	
<p><b>Extrusor</b></p>	<p><b>Triturador de granos</b></p>
	
<p><b>Gritz de cebada malteada</b></p>	<p><b>Mezcla de materias primas</b></p>
	
<p><b>Texturómetro</b></p>	<p><b>Guías de laboratorio</b></p>