



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON
CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE
CHOCHO (*Lupinus mutabilis*).”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieras
Agroindustriales

Autoras:

Caisaguano Sampedro Marilyn Diana
Comina Caisaguano Joselyn Estefania

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando

Cotutora:

Villacrés Poveda Clara Elena

LATACUNGA – ECUADOR

MARZO 2026

DECLARACION DE AUDITORIA

Caisaguano Sampedro Marilin Diana, con cédula de ciudadanía No. 0550608798 y Comina Caisaguano Joselyn Estefania en orden alfabético, con cédula de ciudadanía No. 0550051478, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)”**, siendo el Quim. Ph.D Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero del 2026

Marilin Diana Caisaguano Sampedro
C.C: 0550608798

ESTUDIANTE

Joselyn Estefania Comina Caisaguano
C.C:0550051478

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte CAISAGUANO SAMPEDRO MARILIN DIANA, identificado con cédula de ciudadanía 0550608798, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina. Ph.D.

Tema: **“ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2026

Marilin Diana Caisaguano Sampedro

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte COMINA CAISAGUANO JOSELYN ESTEFANIA, identificado con cédula de ciudadanía 0550051478, de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 – Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutora: Quim. Jaime Orlando Rojas Molina. Ph.D.

Tema: “**ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2026.

Joselyn Estefania Comina Caisaguano

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)”, de Caisaguano Sampedro Marilin Diana y Comina Caisaguano Joselyn Estefania, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 16 de febrero del 2026

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Ph.D

CC: 0502645435

DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Caisaguano Sampedro Marilyn Diana y Comina Caisaguano Joselyn Estefania, con el título del Proyecto de Investigación: “**ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de febrero del 2026

Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.

CC: 0501773931

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Franklin Antonio Molina Borja, Mg.

C.C: 0501821433

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

C.C: 1714592746

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por el respaldo institucional, la colaboración y la asesoría técnica brindada durante la ejecución del presente proyecto de investigación, las cuales fueron fundamentales para su correcto desarrollo.

De manera especial, manifiesto mi gratitud a mi tutor, Quim. Orlando Rojas, por su permanente acompañamiento académico, su paciencia y los valiosos aportes técnicos y metodológicos proporcionados a lo largo del proceso investigativo, que contribuyeron de forma significativa a la consolidación de este trabajo.

Así mismo, expreso mi reconocimiento a la Doc. Elena Villacrés, por su apoyo, orientación y disposición, los cuales permitieron culminar satisfactoriamente el presente trabajo de investigación.

Finalmente, expreso mi sincero agradecimiento a los miembros de mi tribunal de lectores: Ing. Zoila Zambrano, Ing. Franklin Molina e Ing. Gabriela Arias, por las valiosas enseñanzas, el acompañamiento y el apoyo brindado durante esta etapa de mi formación académica.

Marilin Diana Caisaguano Sampedro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme brindado la oportunidad de formarme en la carrera de Agroindustria, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo académico y profesional; así como al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por el apoyo institucional y por facilitar el acceso a recursos técnicos y científicos que hicieron posible el adecuado desarrollo de la presente investigación.

Mi profundo reconocimiento a mi tutor, Quim. Orlando Rojas, por su constante acompañamiento académico, orientación metodológica y valiosos aportes científicos, fundamentales para el logro de los objetivos de la investigación.

Así mismo, extiendo un reconocimiento a la Doc. Elena Villacrés por sus valiosas observaciones, sugerencias técnicas y acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.

Por último, quiero manifestar mi profundo agradecimiento a los integrantes de mi tribunal de lectores: Ing. Zoila Zambrano, Ing .Franklin Molina e Ing .Gabriela Arias, por las importantes lecciones, el respaldo y la guía que me ofrecieron en este período de mi desarrollo académico .

Joselyn Estefania Comina Caisaguano

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por ser mi fortaleza y guía en cada etapa de este camino, por darme la sabiduría, la paciencia y la fe necesarias para no rendirme ante los desafíos y por iluminar mis decisiones en los momentos de mayor incertidumbre. A mis padres, Juan y Carolina, por su amor incondicional, su sacrificio diario y su apoyo constante, que han sido el pilar fundamental de mi vida y el mayor impulso para seguir adelante cuando las fuerzas parecían agotarse. Gracias por creer en mí incluso en los momentos de duda y por enseñarme, con su ejemplo, que la constancia, el respeto y la humildad hacen posible alcanzar los sueños. A mi hermano Kevin, por su comprensión, su apoyo sincero y su compañía durante todo este proceso. A mi tía Olga y a mi prima Cynthia, por su generosidad, su cariño y su presencia incondicional, y a toda mi familia por ser mi refugio y mi motivación. A mis amigas Syntia y Dayana, por su aliento constante, su amistad sincera y su motivación, aun en la distancia.

Marilin Diana Caisaguano Sampedro

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, fuente de sabiduría, fortaleza y esperanza, quien me sostuvo en los momentos de cansancio y me permitió avanzar con fe y perseverancia a lo largo de este camino académico.

Con profundo amor, dedico este logro a mis padres, Marco Comina y Ángela Caisaguano, por su apoyo incondicional, sus consejos y sacrificios, y por creer en mí en cada etapa; este logro también les pertenece.

A mis hermanos, por su compañía, comprensión y aliento constante, que fueron un impulso fundamental en los momentos de mayor esfuerzo.

Finalmente, me dedico este trabajo a mí misma, por la constancia, el esfuerzo y la capacidad de seguir adelante ante los desafíos, con la convicción de que los sueños se alcanzan con perseverancia y determinación.

Joselyn Estefania Comina Caisaguano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*).”

Autoras:

Caisaguano Sampedro Marilyn Diana
Comina Caisaguano Joselyn Estefania

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo elaborar y caracterizar barras proteicas a partir del concentrado de proteína de dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis*): INIAP 450 (Andino) e INIAP DB (Dulce Blanco), mediante la evaluación de sus propiedades proximales, texturales, sensoriales y de vida útil, con el fin de determinar la formulación óptima que combine mayor contenido proteico, adecuada textura y aceptabilidad sensorial. El concentrado proteico se obtuvo a partir de las harinas de chocho mediante un proceso de tamizado mecánico utilizando tamices de 355 μm , 200 μm y 100 μm . La formulación de las barras se desarrolló mediante un diseño experimental de mezclas IV óptimo, considerando como componentes del sistema: A) concentrado proteico de chocho (34–40 % m/m), B) miel de abeja (38–44 % m/m) y C) otros ingredientes (maní, coco deshidratado, almidón de camote y aromatizantes), mantenidos en conjunto en un 22 %, ejecutándose 13 corridas experimentales para cada variedad. Las variables de respuesta evaluadas fueron el contenido de proteína (% m/m) y la dureza (N), lográndose identificar formulaciones con deseabilidad superior que equilibraron el valor nutricional y las propiedades texturales. La variedad INIAP 450 alcanzó un mayor contenido proteico (28,38 % m/m) y menor dureza (1,33 N), con una deseabilidad de 0,685, mientras que la variedad INIAP DB presentó 26,36 % m/m de proteína y 1,73 N de dureza, con una deseabilidad de 0,746. El análisis proximal evidenció en INIAP 450 un mayor contenido de fibra (8,15 %), mientras que en INIAP DB se registró un mayor contenido de grasa (17,3 %); la humedad se mantuvo entre 8 y 12 %, las cenizas alrededor de 1,10 %, el almidón alcanzó hasta 22,70 % en INIAP 450, los azúcares hasta 3,19 % en INIAP DB y la actividad de agua se mantuvo por debajo de 0,70. El análisis estadístico (ANOVA y Tukey) mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre formulaciones y variedades; sensorialmente, las formulaciones con INIAP DB obtuvieron mejores puntuaciones en textura, sabor y aceptabilidad (hasta 4,2), manteniendo estabilidad durante el almacenamiento, con una vida útil estimada de 3 a 6 meses y un costo aproximado de USD 1,19 por barra.

Palabras claves: Chocho, barras proteicas, concentrado proteico, diseño experimental de mezclas, análisis proximal.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “PREPARATION OF PROTEIN BARS WITH PROTEIN CONCENTRATE FROM TWO VARIETIES OF CHOCHO (*Lupinus mutabilis*).”

Authors:

Caisaguano Sampedro Marilyn Diana
Comina Caisaguano Joselyn Estefania

ABSTRACT

The objective of this research project was to develop and characterize protein bars from the protein concentrate of two varieties of lupine (*Lupinus mutabilis*): INIAP 450 (Andino) and INIAP DB (Dulce Blanco), by evaluating their proximal, textural, sensory, and shelf life properties, in order to determine the optimal formulation that combines higher protein content, adequate texture, and sensory acceptability. The protein concentrate was obtained from lupin flour through a mechanical sieving process using 355 μm , 200 μm , and 100 μm sieves. The formulation of the bars was developed using an optimal IV mixture experimental design, considering the following components of the system: A) lupin protein concentrate (34–40% m/m), B) honey (38–44% w/w) and C) other ingredients (peanuts, dehydrated coconut, sweet potato starch, and flavorings), maintained together at 22%, with 13 experimental runs performed for each variety. The response variables evaluated were protein content (% m/m) and hardness (N), and formulations with superior desirability that balanced nutritional value and textural properties were identified. The INIAP 450 variety had a higher protein content (28.38% m/m) and lower hardness (1.33 N), with a desirability of 0.685, while the INIAP DB variety had 26.36% m/m protein and 1.73 N hardness, with a desirability of 0.746. Proximal analysis showed that INIAP 450 had a higher fiber content (8.15%), while INIAP DB had a higher fat content (17.3%); moisture remained between 8 and 12%, ash around 1.10%, starch reached up to 22.70% in INIAP 450, sugars up to 3.19% in INIAP DB, and water activity remained below 0.70. Statistical analysis (ANOVA and Tukey) showed significant differences ($p < 0.05$) between formulations and varieties. Sensory analysis showed that formulations with INIAP DB obtained better scores for texture, flavor, and acceptability (up to 4.2), maintaining stability during storage, with an estimated shelf life of 3 to 6 months and an approximate cost of USD 1.19 per bar.

Keywords: Chocho, protein bars, protein concentrate, experimental mixture design, proximate analysis

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| DECLARACION DE AUDITORIA | ii |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... | iii |
| CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... | v |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... | vii |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | viii |
| <i>AGRADECIMIENTO</i> | ix |
| <i>AGRADECIMIENTO</i> | x |
| <i>DEDICATORIA</i> | xi |
| <i>DEDICATORIA</i> | xii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 2 |
| 2. DISEÑO DEL PROYECTO..... | 2 |
| 2.1. Planteamiento del problema | 2 |
| 2.2. Marco contextual | 3 |
| 2.3. Formulación del problema..... | 4 |
| 2.4. Objetivos..... | 4 |
| 2.4.1. Objetivo general | 4 |
| 2.4.2. Objetivos específicos:..... | 4 |
| 2.5. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados..... | 5 |
| 2.6. Fundamentación Teórica o Marco referencial..... | 7 |
| 2.6.1. Antecedentes..... | 7 |
| 2.6.2. Marco teórico..... | 8 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.6.3. | Marco conceptual | 14 |
| 2.7. | Metodología del proceso de investigación | 16 |
| 2.8. | Tipos de investigación | 16 |
| 2.8.1. | Investigación cuantitativa | 16 |
| 2.8.2. | Investigación Bibliográfica | 16 |
| 2.8.3. | Investigación aplicada | 16 |
| 2.8.4. | Investigación experimental..... | 17 |
| 2.8.5. | Métodos de investigación | 17 |
| 2.8.6. | Técnicas de investigación..... | 18 |
| 2.8.7. | Instrumentos de investigación | 18 |
| 2.9. | Metodología para la obtención del concentrado proteico..... | 19 |
| 2.9.1. | Materia prima, materiales y equipos..... | 19 |
| 2.9.2. | Procedimiento del concentrado de chocho | 21 |
| 2.9.3. | Diagrama de flujo del proceso de obtención del concentrado proteico a partir de dos variedades de chocho..... | 23 |
| 2.10. | Metodología para las pruebas de la caracterización | 24 |
| 2.10.1. | Materia prima, insumos y equipos..... | 24 |
| 2.10.1. | Determinación de proteínas (N total \times 6,25) AOCAC (955,39) | 26 |
| 2.10.1. | Contenido de fibra AOAC 978,10..... | 27 |
| 2.10.2. | Contenido de grasa AOAC 920,39..... | 27 |
| 2.10.3. | Determinación de humedad AOAC 925.10..... | 28 |
| 2.10.4. | Ceniza AOAC 942,05..... | 28 |
| 2.10.5. | Determinación de azúcares totales (AOAC 925.05) | 28 |
| 2.10.6. | Determinación de almidón (AOAC 996.11)..... | 29 |
| 2.10.7. | Determinación de actividad de agua (AOAC 978.18)..... | 29 |
| 2.11. | Metodología de la elaboración de las barras proteicas | 30 |
| 2.11.1. | Materia prima, materiales e insumos..... | 30 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2.11.2. | Procedimiento de la elaboración de las barras con el concentrado de chocho | 31 |
| 2.11.3. | Formulación en la elaboración de barra proteica..... | 34 |
| 2.11.1. | Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la barra a base de concentrado proteico de chocho | 34 |
| 2.12. | Validación de Hipótesis..... | 35 |
| 2.13. | Diseño Experimental. | 36 |
| 2.14. | Descripción del diseño..... | 36 |
| 2.15. | Descripción de los tratamientos..... | 37 |
| 2.16. | Análisis e interpretación de los resultados | 38 |
| 2.16.1. | Composición química del grano de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>) en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara..... | 38 |
| 2.16.2. | Caracterización de análisis físicos del grano de chocho en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara..... | 40 |
| 2.16.3. | Análisis de proteína de harinas tamizadas de las dos variedades de chocho | 43 |
| 2.16.4. | Optimización de la formulación de la barra proteica con chocho INIAP 450, mediante un diseño experimental de mezclas IV óptimo | 44 |
| 2.16.5. | Optimización de la formulación de la barra proteica con chocho INIAP DB, mediante un diseño experimental de mezclas IV óptimo | 47 |
| 2.16.6. | Composición química proximal de las barras proteicas de chocho..... | 51 |
| 2.16.7. | Caracterización de análisis físicos de las barras proteicas | 54 |
| 2.16.8. | Evaluación sensorial de las barras proteicas | 58 |
| 2.16.9. | Evaluación de vida útil de las barras proteicas..... | 60 |
| 2.16.10. | Análisis de costo del mejor análisis de optimización | 62 |
| 3. | Impacto del proyecto | 64 |
| 3.1. | Técnicos..... | 64 |
| 3.2. | Social | 64 |

| | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 3.3. Económico | 65 |
| 3.4. Ambiental | 65 |
| 4. Recursos y presupuesto | 65 |
| 5. Conclusiones..... | 68 |
| 6. Recomendaciones | 69 |
| 7. Bibliografía..... | 71 |
| 8. Anexos..... | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE TABLA

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Cuadro de actividades..... | 5 |
| Tabla 2 Descripción variedad chocho Andino INIAP 450..... | 9 |
| Tabla 3 Clasificación taxonómica del tarwi, <i>Lupinus mutabilis</i> | 10 |
| Tabla 4 Contenido nutricional del grano de chocho..... | 11 |
| Tabla 5 Descripción de los equipos | 19 |
| Tabla 6 Reactivos, materiales de laboratorio y equipos | 24 |
| Tabla 7 Descripción de los equipos de análisis proximal..... | 24 |
| Tabla 8 Materia prima, insumos y equipos..... | 30 |
| Tabla 9 Equipos de la elaboración de las barras..... | 30 |
| Tabla 10 Formulación de la barra proteica | 34 |
| Tabla 11 Descripción del diseño experimental..... | 36 |
| Tabla 12 Cuadro de variables | 36 |
| Tabla 13 Descripción de los tratamientos..... | 37 |
| Tabla 14 Composición química del grano de chocho INIAP 450..... | 38 |
| Tabla 15 Composición química del grano de chocho INIAP DB | 38 |
| Tabla 16 Parámetros físicos del grano de chocho INIAP 450..... | 40 |
| Tabla 17 Parámetros físicos del grano de chocho INIAP DB | 41 |
| Tabla 18 Contenido de proteína (% m/m) en harina de variedad de chocho INIAP 450 | 43 |
| Tabla 19 Contenido de proteína (% m/m) en harina de variedad de chocho INIAP DB | 43 |
| Tabla 20 Matriz experimental del diseño de mezclas para las formulaciones de la barra proteica con la variedad INIAP 450. | 44 |
| Tabla 21 Modelo codificado del contenido de proteína (% m/m) y de la dureza (N) de las formulaciones de barra proteica elaboradas con la variedad INIAP 450. | 45 |
| Tabla 22 Solución óptima de la formulación y respuesta de proteína, dureza y deseabilidad..... | 46 |
| Tabla 23 Matriz experimental del diseño de mezclas para las formulaciones de la barra proteica con la variedad INIAP DB..... | 47 |
| Tabla 24 Modelo codificado del contenido de proteína (% m/m) y de la dureza (N) de las formulaciones de barra proteica elaboradas con la variedad INIAP DB..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Tabla 25 Solución óptima de la formulación y respuestas de proteína, dureza y deseabilidad | 49 |
| Tabla 26. Análisis proximales prueba de Tukey al 5 % para las características de las barras INIAP 450..... | 51 |
| Tabla 27 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características..... | 52 |
| Tabla 28 Análisis proximales prueba de Tukey al 5 % para las características de las barras INIAP DB..... | 52 |
| Tabla 29 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características..... | 53 |
| Tabla 30. Parámetros de textura instrumental (TPA) de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho (variedades INIAP 450) en corridas representativas del diseño de mezclas. | 55 |
| Tabla 31 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características..... | 55 |
| Tabla 32 Parámetros de textura instrumental (TPA) de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho (variedades INIAP DB) en corridas representativas del diseño de mezclas. | 56 |
| Tabla 33 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características..... | 57 |
| Tabla 34. Resultados promedio del análisis sensorial de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho de las variedades INIA 450 en un diseño de mezclas..... | 58 |
| Tabla 35 Resultados promedio del análisis sensorial de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho de las variedades INIA DB en un diseño de mezclas. | 59 |
| Tabla 36. Evolución de la actividad de agua (aw) de las barras proteicas durante el almacenamiento. | 60 |
| Tabla 37. Evolución de la acidez titulable de las barras proteicas durante el almacenamiento. | 61 |
| Tabla 38 Precios de insumos | 62 |
| Tabla 39 Precio de materiales de empaque..... | 63 |
| Tabla 40 Precio de mano de obra | 63 |
| Tabla 41 Precios indirectos por barras..... | 63 |
| Tabla 42 Costos de barras por unidad..... | 63 |
| Tabla 43 Presupuesto utilizado para el proyecto | 65 |
| Tabla 44 Resumen del presupuesto del proyecto | 67 |

ÍNDICE DE FIGURA

| | |
|---|----|
| Figura 1 Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)..... | 8 |
| Figura 2 Recepción y selección de chocho..... | 21 |
| Figura 3 Selección de chocho..... | 22 |
| Figura 4 Diagrama de proceso de desamargado y tamizado | 23 |
| Figura 5 Ingredientes de las barras proteicas | 31 |
| Figura 6 Pesado de ingredientes | 32 |
| Figura 7 Mezcla de ingredientes | 32 |
| Figura 8 Moldeado de la masa..... | 32 |
| Figura 9 Empaquetado de las barras..... | 33 |
| Figura 10 Almacenado de barras | 33 |
| Figura 11 Diagrama de la elaboración de barras proteicas..... | 35 |
| Figura 12 Gráfica de optimización de la deseabilidad para la mezcla de dos componentes | 46 |
| Figura 13 Gráfica de optimización de la deseabilidad para la mezcla de dos componentes | 49 |
| Figura 14 Ilusión radical de los datos sensoriales INIAP 450..... | 58 |
| Figura 15 Ilusión radical de los datos sensoriales INIAP DB | 59 |

INTRODUCCIÓN

El chocho (*Lupinus mutabilis*), también conocido como tarwi, es una leguminosa andina originaria de Ecuador su cultivo se distribuye desde Ecuador hasta Chile y el noroeste de Argentina (Llerena, 2022). El consumo de esta leguminosa se centra en la región Sierra frecuente en provincias como Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Imbabura, Tungurahua y Bolívar, tanto en zonas rurales como urbanas, principalmente en forma desamargado para platos típicos y preparaciones artesanales. El chocho desamargado es una fuente proteica relevante, con un 52,8 % de proteína, 21,0 % de grasas, 10,0 % de fibra y 2,5 % de cenizas (Meneses & Pulles, 2025). Las proteínas de chocho son ricas en aminoácidos esenciales en particular lisina, leucina y valina, le convierte en una leguminosa de alta fuente proteica vegetal estas características lo hacen ideal para ser empleada en alimentos proteicos, debido a su aporte benéfico a la salud, incluyendo mejoras en el sistema digestivo y metabolismo. Esta leguminosa posee alcaloides que actúan como mecanismos de defensa natural de la planta frente a plagas, por ello es necesario realizar un proceso de desamargado donde se eliminan los alcaloides quinolizidínicos, principalmente lupanina y esparteínas responsables del sabor amargo del grano y de potenciales efectos tóxicos para el consumo humano. La técnica de desamargado más utilizada a nivel industrial es el método tradicional de remojo, cocción y lavados sucesivos, el cual permite la difusión de los alcaloides hacia el medio acuoso, reduciendo significativamente su concentración.

En la industria alimentaria se ha observado nuevas alternativas de alimentos proteicos, tales como barras proteicas, suplementos en polvo, bebidas proteicas y alimentos fortificados caracterizados por su practicidad y facilidad de consumo (Abarca et al., 2024). Los alimentos proteicos de origen animal y vegetal desempeñan un papel fundamental en la dieta humana, debido a su aporte de aminoácidos necesarios para el crecimiento, la reparación de tejidos y el adecuado funcionamiento del organismo (Galicia-Haro et al., 2023; Urrialde et al., 2022). Los alimentos proteicos elaborados representan una alternativa nutricional, cumpliendo con los lineamientos de calidad, inocuidad y etiquetado establecidos por normativas internacionales como el Codex Alimentarius (2017) y con las recomendaciones de la FAO (2013) y OMS respecto al aporte proteico dentro de una alimentación balanceada.

El objetivo de este proyecto de investigación es desarrollar barras proteicas a base de concentrado de chocho (*Lupinus mutabilis*) incorporando ingredientes como miel, almidón de camote, coco deshidratado y aromas de vainilla y coco, mediante un proceso de mezcla y

horneado, con el fin de obtener un producto con alto valor nutricional de fácil consumo y potencial aplicación como alternativa para la prevención de la desnutrición proteica.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: ELABORACIÓN DE BARRAS PROTEICAS CON CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE DOS VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*)

Fecha de inicio: marzo 2025

Fecha de finalización: marzo 2026

Lugar de ejecución:

Parroquia: Cutuglagua

Cantón: Mejía

Provincia: Pichincha

Zona 2:

Instituciones que auspicia: Universidad Técnica de Cotopaxi e INIAP Estación Experimental Santa Catalina

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Agroindustria

Tipo de Proyecto: Proyecto de investigación

Equipo de Trabajo:

Tutor de titulación: Quim. Rojas Molina Jaime Orlando Ph.D

Cotutora: Ing. Villacrés Poveda Clara Elena, Mg.

Estudiantes: Caisaguano Sampedro Marilyn Diana

Comina Caisaguano Joselyn Estefania

Línea de investigación: Desarrollo y seguridad alimentaria.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. Planteamiento del problema

La buena nutrición constituye un pilar fundamental en la prevención de riesgos asociados a la alimentación, tales como el sobrepeso, la obesidad y desnutrición particularmente en poblaciones vulnerables (Willett et al., 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) describe la desnutrición como la falta, exceso o desequilibrio de energía y nutrientes. Las proteínas son parte de los nutrientes principales que cumplen funciones esenciales como el crecimiento y correcto funcionamiento del sistema inmunológica (Mariotti & Gardner, 2019).

La ingesta insuficiente de proteínas limita estos procesos fisiológicos, lo que puede derivar en pérdida de masa muscular y mayor susceptibilidad a enfermedades (Escobedo-Monge et al., 2025; Fonseca González. et al., 2020). Los alimentos proteicos están enriquecidos con aislados de proteína, vitaminas, minerales y antioxidantes. El consumo de barras proteicas puede emplearse como alternativa nutricional viable para la prevención y el apoyo en situaciones de desnutrición, debido a su alto contenido de proteína (AlJaloudi et al., 2024; Tormási et al., 2025).

El chocho (*Lupinus mutabilis*), conocido como la tarwi, se presenta como una alternativa rica en proteínas de alta calidad y aminoácidos esenciales, especialmente lisina, y con un contenido proteico superior al de otras leguminosas (INIAP, 2019; Guerra & Pozo, 2018). A pesar de su valor nutricional, el consumo del chocho se ve limitado por la presencia de alcaloides que generan sabor amargo, lo que requiere procesos de desamargado para su incorporación en productos alimenticios (Cortés et al., 2020).

Por otro lado, el desarrollo de productos innovadores como barras proteicas a partir de concentrado de chocho puede ofrecer beneficios nutricionales, económicos y sociales. Estas barras podrían contribuir a la diversificación de la dieta, mejorar la seguridad alimentaria y promover la valorización del chocho como recurso agrícola andino, beneficiando especialmente a pequeños productores locales (Barrios, 2020; Curti et al., 2022).

Sin embargo, la elaboración de barras proteicas a partir de concentrado de chocho enfrenta desafíos relacionados con la optimización de la formulación, el equilibrio entre sabor y textura, y la aceptación sensorial del consumidor. Es necesario investigar cómo diferentes variables de procesamiento, como la concentración de proteína y la incorporación de miel u otros aglutinantes, afectan las características físico-químicas y sensoriales del producto final.

2.2. Marco contextual

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es visto como una legumbre de los Andes con gran importancia biológica, reconocido por su alto contenido de proteínas y su equilibrada variedad de aminoácidos esenciales, lo que lo convierte en un recurso clave para el desarrollo de alimentos funcionales. El concentrado proteico de chocho se refiere al producto que se obtiene a través de métodos de separación y purificación que aumentan el porcentaje de proteína en el grano, disminuyendo los elementos no proteicos y mejorando su aplicación tecnológica y valor nutricional. Las diferentes variedades de chocho son genotipos que presentan variaciones en su composición, lo cual afecta directamente la calidad del concentrado, especialmente en relación con el contenido de proteínas, su solubilidad y la capacidad de absorber agua. Por otro lado, las

barras proteicas son consideradas alimentos sólidos diseñados para ofrecer una alta cantidad de proteínas, dirigidos a complementar la dieta de grupos con necesidades nutricionales específicas, combinando ingredientes funcionales que garantizan estabilidad, aceptación sensorial y valor nutritivo. Finalmente, la producción de barras proteicas implica una serie de procesos destinados a convertir el concentrado proteico en un producto final que sea seguro, estable y nutricionalmente beneficioso, integrando estándares de calidad tecnológica, seguridad alimentaria y uso responsable de los recursos agroalimentarios locales.

2.3. Formulación del problema.

¿De qué manera incide la incorporación de concentrados proteicos de dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis*) en las características proximales, físicas y en la aceptabilidad sensorial de las barras proteicas elaboradas?

2.4. Objetivos.

2.4.1. Objetivo general

- Elaborar barras proteicas con concentrado de proteína de dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis*)

2.4.2. Objetivos específicos:

- Caracterizar las dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) mediante análisis proximales y físicos.
- Obtener el concentrado proteico de las dos variedades de chocho mediante el proceso de tamizado.
- Formular un prototipo de barra proteica utilizando el concentrado de chocho en combinación con otros ingredientes.
- Caracterizar las barras proteicas mediante análisis proximal y textura.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial de las barras proteicas mediante escalas hedónicas.
- Determinar la vida útil de las barras proteicas, mediante evaluaciones en condiciones de almacenamiento acelerado y a temperatura ambiente y el costo del producto.

2.5. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados.

Tabla 1 Cuadro de actividades

| Objetivo | Actividad | Metodología | Resultado |
|--|--|--|---|
| Caracterizar las dos variedades de chocho (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>) análisis proximales y físicos. | -Determinación de parámetros proximales: <ul style="list-style-type: none"> • Proteína • Fibra bruta • Grasa • Humedad • Ceniza -Determinación de análisis físicos: <ul style="list-style-type: none"> • Forma y tamaño • Color • Peso de 100 semillas | Proteína cruda (N total x 6,25) (AOAC 955,39/ Volumetría, Kjeldahl) Fibra (AOAC 920,39/ Gravimetría) Grasa cruda (AOAC 920,39/ Gravimetría, Soxhlet) Humedad (AOAC 925.09/ Gravimetría, Horno de aire) Ceniza (AOAC 942,05/ Gravimetría, directo) Forma y tamaño (ISO 520:2011) Color (CIE 15:2018) Peso de 100 semillas (ISO 520:2011) | Análisis proximales y físicos de las dos variedades de chocho |
| Obtener el concentrado proteico de las dos variedades de chocho mediante el proceso de tamizado. | -Realizar tamizados con tres mallas para poder obtener un concentrado. Realizar la prueba de proteínas. | Tamizado (INTE/ISO 3588:2020) Proteína cruda (N total x 6,25) (AOAC 955,39/ Volumetría, Kjeldahl) | Concentrado proteico obtenido a partir de la harina de chocho tras el proceso de tamizado |
| Formular un prototipo de barra proteica utilizando el concentrado de chocho en combinación con otros ingredientes. | -Realizar formulaciones con diferentes ingredientes y determinar la mejor formulación. | Desarrollo de medidas de ingredientes a aplicar (concentrado proteico de chocho y miel de abeja) Diseño de mezclas IV optimo, donde se obtuvo 13 corridas experimentales. | Formulación adecuada para trabajar en las barras proteicas. |
| Caracterizar las barras proteicas mediante análisis proximal y textura. | -Determinación de análisis proximales: <ul style="list-style-type: none"> • Proteína • Fibra bruta • Grasa • Humedad • Ceniza • Azúcares | Proteína cruda (N total x 6,25) (AOAC 955,39/ Volumetría, Kjeldahl) Fibra (AOAC 920,39/ Gravimetría) Grasa cruda (AOAC 920,39/ Gravimetría, Soxhlet) Humedad (AOAC 925.09/ Gravimetría, Horno de aire) Ceniza (AOAC 942,05/ Gravimetría, directo) Azúcar (AOAC 925,05) Almidón (AOAC 996,11) Actividad de agua (AOAC 978,18) Textura AACC 74-09 (2010) | Análisis proximales y físicos en las barras proteicas para comparar las dos variedades. |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ● Almidón ● Actividad de agua -Determinación de análisis textura: <ul style="list-style-type: none"> ● Dureza ● Fracturabilidad ● Elasticidad ● Gomosidad ● Masticabilidad ● Resilencia | | |
| Evaluar la aceptabilidad sensorial de las barras proteicas mediante escalas hedónicas. | -Realizar un análisis sensorial con panelistas. | Análisis sensorial mediante una escala hedónica de 1-5 niveles de aceptación en parámetros: color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad | Aceptabilidad de las barras proteicas por los panelistas. |
| Determinar la vida útil de las barras proteicas, mediante evaluaciones en condiciones de almacenamiento acelerado y a temperatura ambiente y el costo del producto. | -Almacenamiento del producto terminado. -Monitoreo durante el tiempo de reposo - Almacenamiento acelerado(<35 °C) durante 8 días. - Almacenamiento temperatura ambiente (<25 °C) durante 12 días. - Análisis de costo (Materia Prima, Materiales e Insumos, Energía y servicios, Mano de obra directa) | Actividad de agua (AOAC 978.18) Acidez titulable (AOAC 942.15) Costos por procesos: Flores, R. (2016) <i>Contabilidad de costos agroindustriales</i> , e INEN. | Resultados estimados de tiempo de vida útil. Resultados estimados del costo unitario de las barras. |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.6. Fundamentación Teórica o Marco referencial

2.6.1. Antecedentes

Investigaciones previas han analizado el potencial del chocho (*Lupinus mutabilis*) como fuente proteica para el desarrollo de productos alimenticios con valor agregado. Según, Alvarado (2018) obtuvo un concentrado proteico de chocho mediante procesos de extracción y evaluó su aplicación en la formulación de suplementos proteicos destinados a poblaciones físicamente activas, concluyendo que este recurso andino presenta un elevado valor nutricional y un comportamiento tecnológico adecuado para su incorporación en matrices alimentarias. De manera complementaria, Muñoz (2025) caracterizaron un aislado proteico de chocho, reportando altos contenidos de proteína y propiedades funcionales favorables, lo que respalda su potencial como ingrediente para el desarrollo de alimentos.

En una investigación desarrollada por Jara Chávez (2025) se formuló una barra proteica a base de chocho (*Lupinus mutabilis*), dirigida a personas físicamente activas de entre 25 y 45 años del norte de Quito. El estudio incluyó evaluaciones de preferencia mediante focus group y un proceso experimental de formulación, cuyos resultados evidenciaron que la barra proteica constituye una alternativa accesible, equilibrada y nutricionalmente adecuada para mejorar la ingesta proteica de los consumidores, confirmando la viabilidad del chocho como ingrediente principal en productos proteicos funcionales.

De manera similar, Lara y Bustos (2022) elaboraron galletas y barras nutricionales utilizando chocho (*Lupinus mutabilis*) como ingrediente principal, con el objetivo de desarrollar productos con mayor contenido proteico y propiedades nutricionales mejoradas. Los autores reportaron incrementos significativos en los niveles de proteína, fibra y micronutrientes en las barras desarrolladas, además de una aceptación sensorial favorable por parte de los consumidores, lo que respalda el potencial del chocho para la formulación de alimentos funcionales y suplementarios.

Asimismo, estudios relacionados con el desarrollo de productos proteicos destinados a poblaciones físicamente activas indican que las barras proteicas constituyen un complemento dietético adecuado, al aportar proteínas y aminoácidos esenciales necesarios para la recuperación y el desarrollo muscular. En este contexto, el uso de concentrados o harinas proteicas de origen vegetal, como el chocho, representa una alternativa viable y nutricionalmente adecuada frente a las fuentes proteicas tradicionales de origen animal (Batallas Rodríguez, 2023; González Jiménez, 2021).

2.6.2. Marco teórico

2.6.2.1. Definición del chocho (*Lupinus mutabilis*)

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es la única leguminosa de grano comestible originaria de la región andina, cuyo cultivo se mantiene en diversos sistemas de producción desde Ecuador hasta Chile y el noreste de Argentina. Esta especie presenta una amplia adaptación agroecológica, desarrollándose principalmente en zonas altoandinas, lo que ha permitido su aprovechamiento tanto en sistemas agrícolas tradicionales como en esquemas productivos más tecnificados (Llerena, 2022). Desde el punto de vista agronómico, el chocho es reconocido por su elevada capacidad de fijación biológica de nitrógeno atmosférico, su desarrollo vegetativo vigoroso alcanzando alturas cercanas a los 2 m y su uso como abono verde, además de su tolerancia a suelos de baja fertilidad, sequías y bajas temperaturas, características que favorecen su sostenibilidad productiva en regiones andinas (Galicia-Haro et al., 2023).

Debido a su elevado contenido de proteína y lípidos. En comparación con otras leguminosas, presenta un mayor porcentaje de proteína, con valores que pueden superar el 50 %, y destaca por su riqueza en aminoácidos esenciales, particularmente lisina, lo que incrementa su valor nutricional y funcional como fuente proteica vegetal (Guerra & Pozo, 2018; Meneses Quelal & Pulles, 2025).

Figura 1 Chocho (*Lupinus mutabilis*)



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.6.2.2. Variedades de chocho

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través de sus programas de investigación en leguminosas y granos andinos, ha desarrollado tecnologías orientadas a la producción, mejoramiento genético y uso sostenible de leguminosas de grano comestible, entre ellas el chocho (*Lupinus mutabilis*). Estas investigaciones han permitido la obtención de variedades mejoradas con mayor estabilidad agronómica, adaptación a condiciones altoandinas

y elevado contenido proteico, contribuyendo al fortalecimiento de la cadena productiva y al aprovechamiento agroindustrial de esta leguminosa (INIAP, 2023; Rodríguez-Ortega et al., 2024).

2.6.2.3. Variedad chocho Andino INIAP 450

Esta variedad fue obtenida de una población de germoplasma introducida de Perú, en 1992. El mejoramiento se realizó por selección y las primeras evaluaciones se realizaron en surcos triples y en 1993 se consideró como promisoría y fue introducida al Banco de Germoplasma del INIAP con la identificación de ECU-2659. Es así como en la tabla 2 se destacan la descripción de esta variedad. Desde ese entonces se ha evaluado en varios ambientes y en 1999 se decidió entregar como variedad mejorada INIAP 450 ANDINO (Caicedo et al., 2010).

Tabla 2 Descripción variedad chocho Andino INIAP 450

| Características importantes | |
|------------------------------------|------------------|
| Tipo de crecimiento | Herbáceo |
| Color de la planta | Verde oscuro |
| No. De ramas | 11 a 14 |
| No. De vainas por planta | 44 a 66 |
| Altura de la planta (cm) | 90 a 1.85 |
| Color del grano seco | Blanco- crema |
| Tamaño del grano | Grande |
| Peso de 100 granos | 28 a 30 g |
| Contenido de alcaloides (%) | 3,92 |
| Días a floración | 76 a 125 |
| Desarrollo | 6 a 8 meses |
| Adaptación | 2600 a 3400 msnm |
| Rendimiento promedio | 33 qq por ha |

Fuente: (Chiza Maldonado et al., 2017)

2.6.2.4. Variedad chocho Dulce Blanco INIAP DB

La variedad de dulce blanco es una mejora genética, línea avanzada que proviene de la cruce entre la variedad proinpa× 1845, cultivada en la Estación Santa Catalina, este grano se identifica por medio de su color blanco variación especial, ya que posee una línea o curva a la mitad del grano de color amarillo, este grano en particular es más pequeño que en comparación al INIAP 450.

2.6.2.5. Taxonomía del chocho (*Lupinus mutabilis*)

El tarwi, tauri o chocho, son considerados como los (*Lupinus mutabilis*) más cultivados en el Perú; pueden variar entre cultivares de muchas a pocas ramas, en la Tabla 3 encontramos la clasificación taxonómica del chocho, así como en el tamaño que alcanzan a la madurez, dependiendo de la zona (Tapia, 2015).

Tabla 3 Clasificación taxonómica del tarwi, *Lupinus mutabilis*

| | |
|------------|--------------------------------|
| Reino | Plantae |
| Orden | Fabales |
| Suborden | Leguminosae |
| Familia | Fabaceae |
| Subfamilia | Faboideae |
| Género | <i>Lupinus</i> |
| Especie | <i>Lupinus mutabilis sweet</i> |

Fuente: (Tapia, 2015)

2.6.2.6. Origen

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa originaria de la región andina de Sudamérica, con centro de domesticación identificado principalmente en los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador donde ha sido cultivado desde tiempos ancestrales debido a su alto valor nutricional y su adaptación a altitudes entre 1 500 y 3 800 m s. n. m. El consumo de esta leguminosa se centra en la región Sierra frecuente en provincias como Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Imbabura, Tungurahua y Bolívar, tanto en zonas rurales como urbanas, principalmente en forma desamargada para platos típicos y preparaciones artesanales (INIAP, 2023; Rodríguez et al., 2024).

2.6.2.7. Composición nutricional del chocho (*Lupinus mutabilis*)

El chocho (*Lupinus mutabilis*) presenta importantes propiedades organolépticas asociadas a su color, sabor, olor y textura, las cuales han sido valoradas positivamente en el ámbito de la nutrición y el desarrollo de alimentos funcionales. Asimismo, se ha reportado que el consumo de chocho puede contribuir a la regulación de los niveles de glucosa en sangre, debido a su bajo contenido de carbohidratos en comparación con otros alimentos de origen vegetal, lo que refuerza su potencial como ingrediente en productos destinados a una alimentación saludable (Mazón, 2019).

El valor nutricional del chocho es elevado; en este sentido, Meneses y Pulles (2025) reportan que el grano de chocho desamargado presenta contenidos proteicos superiores al 50 %, mientras que Guerra y Pozo (2018) indican que el alto valor proteico de esta leguminosa está asociado a su perfil de aminoácidos esenciales y a su adecuada digestibilidad. Estas características justifican su uso como materia prima para la obtención de concentrados proteicos y el desarrollo de alimentos funcionales, como las barras proteicas.

En la Tabla 4 se puede observar el contenido nutricional del grano de chocho amargo y desamargado.

Tabla 4 Contenido nutricional del grano de chocho

| COMPONENTES | CHOCHO AMARGO (%) | CHOCHO DESAMARGADO (%) |
|-------------|-------------------|------------------------|
| Proteína | 47,80 | 54,05 |
| Grasa | 18,90 | 21,22 |
| Fibra | 11,07 | 10,37 |
| Cenizas | 4,52 | 2,54 |

Fuente: (Allauca 2005).

2.6.2.8. Descripción Botánica

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa herbácea de porte erecto, caracterizada por presentar tallos robustos y un crecimiento ramificado a partir de un eje central, lo que le confiere una arquitectura vegetal vigorosa. La planta puede alcanzar alturas aproximadas entre 0,8 y 2,0 m, dependiendo de la variedad y de las condiciones agroecológicas de cultivo. Estas características morfológicas y agronómicas favorecen su adaptación a los sistemas productivos altoandinos y su aprovechamiento tanto en la agricultura tradicional como en esquemas de producción más tecnificados (Galicia-Haro et al., 2023; Llerena, 2022).

2.6.2.9. Hojas, tallos y flores

Las hojas del chocho (*Lupinus mutabilis*) presentan una morfología palmada, compuesta por varios folíolos dispuestos de manera radial, característica típica de esta leguminosa andina. La coloración foliar puede variar desde tonos verdes claros hasta verdes más intensos, dependiendo del estado fisiológico de la planta y de las condiciones ambientales. El chocho es una especie herbácea que puede alcanzar alturas variables, generalmente comprendidas entre 0,8 y 2,0 m, con un tallo erecto y resistente que contribuye a su adaptación a las condiciones agroecológicas de la región andina tecnificados (Galicia-Haro et al., 2023; Llerena, 2022).

En cuanto a su desarrollo reproductivo, el chocho presenta inflorescencias características de las leguminosas, con flores de tamaño reducido y disposición en racimos, cuya coloración puede variar entre diferentes tonalidades, lo que refleja la diversidad genética de la especie y su adaptación a distintos ambientes de cultivo. Estas características morfológicas y fenológicas respaldan la importancia del *Lupinus mutabilis* como cultivo tradicional andino con potencial agronómico y agroindustrial (Llerena, 2022).

2.6.2.10. Harina

El término inglés flour proviene del antiguo francés fleur o harina, cuyo significado alude a “la parte más fina”. Las harinas se obtienen mediante la eliminación de componentes gruesos o no deseados del grano durante el proceso de molienda. Se definen como productos finos y pulverulentos elaborados a partir de granos, raíces, leguminosas, frutos secos o semillas, tras

someterlos a operaciones de molienda y tamizado. De manera tradicional, este proceso se realizaba utilizando piedras de moler o ruedas de acero; no obstante, en la actualidad ha sido sustituido principalmente por sistemas de molinos de rodillos. Desde el punto de vista composicional, las harinas se caracterizan por presentar un alto contenido de carbohidratos, especialmente polisacáridos, siendo el almidón el componente predominante (Hughes et al., 2020).

2.6.2.11. Harina precocida de chocho

Las harinas precocidas se elaboran a partir de granos sometidos a procesos de cocción y posterior molienda, lo que les confiere diversas ventajas tecnológicas y funcionales. Entre ellas destacan la reducción del tiempo de preparación, la facilidad de manejo, la uniformidad en su calidad y una mayor digestibilidad. Asimismo, presentan una vida útil más prolongada y una alta versatilidad para su incorporación en distintas aplicaciones culinarias. Estas harinas conservan un adecuado valor nutricional y contribuyen a la seguridad alimentaria, al disminuir los riesgos asociados a la contaminación durante su preparación y consumo.

En particular, la harina precocida de chocho, elaborada a partir de semillas de *Lupinus mutabilis*, se caracteriza por su alto contenido de proteínas vegetales, fibra dietética y minerales. Adicionalmente, el proceso de precocción favorece la reducción de compuestos amargos propios del grano, mejorando su aceptabilidad sensorial y digestibilidad, lo que facilita su incorporación en diversas formulaciones alimentarias (Chávez & Miranda, 2024)

2.6.2.12. Concentrado de la proteína de chocho.

El concentrado proteico de chocho (*Lupinus mutabilis*) es un producto obtenido a partir de procesos de extracción y purificación de las semillas, cuyo propósito es incrementar la proporción de proteína y reducir el contenido de carbohidratos, lípidos y compuestos antinutricionales como los alcaloides. Estos procesos permiten mejorar la calidad nutricional y la funcionalidad tecnológica de la proteína vegetal, favoreciendo su incorporación en el desarrollo de alimentos funcionales (Cortés-Avenidaño et al., 2020; Morejón & Palchisaca, 2022).

Diversos estudios han demostrado que los concentrados proteicos de origen vegetal pueden alcanzar contenidos proteicos elevados, superiores al 70 %, además de presentar una adecuada digestibilidad y propiedades funcionales favorables para su aplicación en suplementos nutricionales y productos dirigidos a poblaciones con mayores requerimientos proteicos. En este contexto, el chocho se posiciona como una materia prima viable para la obtención de

concentrados proteicos destinados al desarrollo de alimentos funcionales, incluyendo barras proteicas (Batallas, 2023).

2.6.2.13. Aislado de proteína

La proteína aislada es la proteína más prominente que existe. Se preparan a partir de harinas, mediante un proceso de obtención que supone una serie de etapas a cargo de eliminar o reducir sus componentes no proteicos para obtener un producto con alto contenido proteico de un 80 % a 90 % de proteína que les otorgan ventajas para su aplicación en muchos productos alimenticios con respecto a las proteínas originales. La aplicación más importante de los aislados proteicos es su utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas completas para la alimentación infantil y / o de enfermos. Estas dietas enterales son formulaciones que han de ser absorbidas en el intestino sin necesidad de previa digestión estomacal y son imprescindibles en el tratamiento de los enfermos con desordenes estomacales o problemas de la mucosa intestinal y lactantes con síndromes de mal absorción, mal nutrición. La proteína aislada a la que debe cumplir con este conjunto de características para integrar una dieta enteral es no han de producir desequilibrios osmóticos ni alergias, han de presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida, y no presentar un sabor sumamente desagradable ya que causarían rechazo en el consumidor (Sosa-Flores et al., 2023).

2.6.2.14. Almidón Total

Este método permite cuantificar el contenido total de almidón en muestras vegetales. para ello, se procede a la solubilización del almidón en un medio alcalino para, a continuación, hidrolizar totalmente con amiloglucosidasa los enlaces glucosídicos α -1.4 y α -1.6 de las cadenas de amilosa y amilopectina constituyentes del almidón. La hidrólisis completa con amiloglucosidasa rinde glucosa libre, la cual es cuantificada espectrofotométría mediante el empleo de un test enzimático que contiene glucosa-oxidasa y peroxidasa (Fon Fay & Zumbado, 2019).

2.6.2.15. Barra Proteica

La barra proteica constituye un complemento dietético que puede ser incorporado en la alimentación con el fin de contribuir al equilibrio nutricional y al adecuado aporte de macronutrientes. Su consumo resulta especialmente beneficioso en personas físicamente activas y deportistas, quienes presentan mayores requerimientos energéticos y proteicos debido al esfuerzo físico y al desgaste muscular asociado al entrenamiento (Jijón, 2018).

Diversos estudios señalan que la inclusión de barras proteicas en la dieta de deportistas favorece la restitución de proteínas y aminoácidos esenciales necesarios para la recuperación y el

desarrollo muscular, contribuyendo a mejorar el rendimiento físico y el estado nutricional general. En este sentido, las barras proteicas elaboradas a partir de fuentes proteicas de alta calidad representan una alternativa práctica y eficiente para cubrir dichas necesidades nutricionales (Batallas, 2023; González, 2021).

2.6.2.16. Materiales y equipos utilizados en la elaboración de barras proteicas

La elaboración de barras proteicas requiere del uso de materiales y equipos adecuados que garanticen la calidad, inocuidad y presentación del producto final. En este proceso se emplean cucharas de acero inoxidable, espátulas, recipientes de plástico, bandejas, moldes rectangulares de acero inoxidable, papel encerado y guantes de manipulación. los cuales facilitan las etapas de preparación y la forma de las barras, manteniendo condiciones higiénicas apropiadas.

Entre los equipos utilizados se incluyen el molino o licuadora, que tritura el chocho hasta conseguir una textura uniforme y fina, la balanza analítica, que sirve para pesar los ingredientes de manera exacta; la mezcladora manual, que se usa para incorporar los componentes de forma uniforme; el horno eléctrico, que permite hornear y garantizar la textura correcta; el refrigerador, que se emplea después del moldeado para compactar la barra antes de hornearla y así asegurar su forma y consistencia final (Jijón, 2018).

2.6.3. Marco conceptual

Agglutinante: Ingrediente que permite unir componentes en productos alimenticios, como la miel o pasta de camote en las barras proteicas, mejorando su textura y cohesión (Batallas, 2023).

Aislado de proteína: Fracción proteica purificada obtenida a partir de harinas vegetales, con un contenido aproximado de 80–90 % de proteína, utilizada como ingrediente nutricional por su alto valor proteico (Sosa-Flores et al., 2023).

Alcaloides: Compuestos orgánicos nitrogenados de carácter básico, pertenecientes principalmente al grupo de los alcaloides quinolizidínicos, presentes de forma natural en las semillas de chocho se caracterizan por su sabor amargo, toxicidad (Ji-yong et al., 2013).

Almidón total: Método que cuantifica el almidón mediante su hidrólisis enzimática a glucosa y posterior medición por espectrofotometría (Fon Fay & Zumbado, 2019).

Análisis proximal: Método para determinar humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas en alimentos (Fon Fay & Zumbado, 2019).

Barra proteica: Producto alimenticio formulado con el objetivo de suplementar la dieta mediante el aporte de proteínas y aminoácidos esenciales, destinado principalmente a deportistas y personas físicamente activas, debido a sus mayores requerimientos nutricionales asociados al esfuerzo físico y al desarrollo muscular (González Jiménez, 2021).

Chocho: Leguminosa andina de alto valor nutricional, rica en proteínas y adaptable a zonas altoandinas (Llerena, 2022; Galicia-Haro et al., 2023)

Concentrado proteico de chocho: Producto obtenido mediante procesos de extracción y purificación de las semillas de chocho (*Lupinus mutabilis*), que aumenta el contenido de proteína entre 70 % y 75 %, reduciendo carbohidratos, grasa y alcaloides (Morejón & Palchisaca, 2022)

Desamargado: Proceso mediante el cual se eliminan alcaloides del chocho para reducir su sabor amargo y hacerlo seguro para el consumo humano (Cortés-Avendaño et al., 2020).

Fibra cruda: Componente de los alimentos no digerible por enzimas humanas que contribuye a la regulación intestinal y se determina mediante métodos gravimétricos con digestiones ácidas y alcalinas con el método AOAC (2019).

Harina de chocho: Producto en polvo obtenido de la molienda de las semillas desamargadas de chocho, rico en proteínas, fibra y minerales (Chávez & Miranda, 2024).

Humedad: Contenido de agua presente en un alimento, indicador de estabilidad y posible deterioro con el método AOAC (2019).

INIAP 450: Variedad mejorada de alto rendimiento y buena adaptación a zonas altoandinas (Caicedo et al., 2010; Chiza Maldonado et al., 2017)

INIAP DB: Variedad de grano blanco, menor tamaño y mejor aceptabilidad sensorial (INIAP, 2023).

***Lupinus mutabilis*:** Especie botánica del chocho, perteneciente a la familia Fabaceae y cultivada en la región andina (Tapia, 2015)

Origen del chocho: Leguminosa originaria de los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador (INIAP, 2023; Rodríguez et al., 2024)

Proteína: Macromoléculas formadas por aminoácidos que cumplen funciones estructurales y metabólicas. En alimentos, su contenido se determina mediante el método AOAC (2019).

Proteína vegetal: Macronutriente de origen vegetal presente en alto porcentaje en el chocho (Guerra & Pozo, 2018).

Textura: Conjunto de propiedades sensoriales de un alimento, como dureza, masticabilidad y porosidad, que influyen en la aceptación del producto método AACC 74-09 (2010).

Tamizado: Proceso de separación de partículas de harina o polvo mediante mallas de diferentes tamaños para obtener fracciones con mayor concentración de proteínas (INTE/ISO 3588:2020).

Variedades de chocho: Material genético mejorado con mayor estabilidad agronómica y elevado contenido proteico (Rodríguez et al., 2024).

2.7. Metodología del proceso de investigación

2.8. Tipos de investigación

2.8.1. Investigación cuantitativa

Es un método que se centrará en la medición numérica, se empleará para explorar fenómenos explorables aplicando técnicas estadísticas, matemáticas y computacionales. Se caracterizará por su enfoque investigativo centrándose en el análisis estadístico, la comprobación de la hipótesis planteada, la visión de las variables e instrumentos de investigación, haciendo uso del diseño experimental junto con la estadística para la medición de parámetros (Nwabuko, 2024). La investigación presentará un enfoque cuantitativo debido a la aplicación de los factores de porcentaje de las variables de alto concentrado de proteína del chocho y la miel, también, se enfocará en la recolección de resultados, análisis e interpretación de resultados.

2.8.2. Investigación Bibliográfica

En la investigación se llevara a cabo una revisión bibliográfica utilizando fuentes confiables como tesis académicas y artículos científicos, lo que permitira recopilar información de diferentes autores sobre la obtención y aplicación de proteínas de chocho para garantizar la credibilidad y calidad del proyecto (Farinango & Quizhpi, 2015). Estudios previos documentarán métodos para la extracción y caracterización de concentrados e hidrolizados de proteína de chocho a partir de harina integral, evidenciando su potencial tecnológico y nutricional (Caiza Ayala, 2011).

También se describirá el proceso de la obtención del concentrado de proteína del chocho, y la elaboración de la barra proteica en la cual se establecerán las condiciones óptimas empleando modelos matemáticos y se detallarán los análisis proximales, análisis físicos y la aceptación sensorial.

2.8.3. Investigación aplicada

La investigación tendrá por objetivo solucionar problemas centrándose en la indagación y la unificación de conocimientos, es decir, se enfocará en la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos para la disolución de problemas concretos o el mejoramiento de procesos ya existentes (Chávez & Miranda, 2024).

La investigación aplicada se centrará en estudiar la caracterización proximal y física de las barras proteicas de las dos variedades de chocho, con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos para la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto.

2.8.4. Investigación experimental

El objetivo de esta investigación se utilizará para estudiar las propiedades funcionales de la harina precocida de almorta, lo que permitirá la recopilación de información preliminar, a identificar posibles patrones y elaborar hipótesis que guíen investigaciones futuras de manera más detallada (Saltos & Bayas, 2010)

Se utilizará la investigación experimental de mezclas, en la cual se aplicarán dos factores el alto concentrado de proteína del chocho y miel, evaluando los niveles de textura con el fin de determinar las condiciones óptimas de la elaboración de las barras proteicas del chocho.

2.8.5. Métodos de investigación

2.8.5.1. Método deductivo

El método deductivo se aplicó en esta investigación al partir de fundamentos científicos generales sobre nutrición, formulación de alimentos funcionales y tecnología de leguminosas para orientar el diseño, formulación y análisis de barras proteicas elaboradas con concentrado proteico de dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis*). En este enfoque, las hipótesis y variables de estudio se formularon con base en antecedentes de estudios que han demostrado el potencial nutritivo y funcional de leguminosas en productos alimentarios. Así, se estableció que la variación en la proporción de concentrado proteico influiría en las características fisicoquímicas y tecnológicas de las barras, con el fin de evaluar experimentalmente estas relaciones bajo condiciones controladas (De Bruno et al., 2021).

2.8.5.2. Método inductivo

El método inductivo se utilizó para analizar los resultados experimentales obtenidos de las formulaciones de barras proteicas con concentrado de chocho, permitiendo identificar patrones y tendencias a partir de datos observados, como análisis proximales, textura, aceptabilidad sensorial y vida útil. A partir de los resultados obtenidos en este estudio y en concordancia con lo reportado por otras investigaciones sobre alimentos funcionales a base de leguminosas, fue posible inferir el impacto de la proporción de ingredientes en la calidad del producto, permitiendo generar conclusiones aplicables a futuros desarrollos de barras de alto contenido proteico y valor nutricional (AlJaloudi et al., 2024).

2.8.5.3. Método experimental

La metodología experimental de una investigación cubrirá varias etapas del método científico. Tras la definición de las hipótesis y objetivos de nuestra investigación, se definirá cómo van a ser contrastadas estas hipótesis, lo que exigirá determinar qué variables que serán consideradas

en nuestro estudio. Una vez definidas estas variables, será fundamental establecer cómo serán medidas estas variables y, posteriormente, cómo serán analizadas (Ramos-Galarza, 2021).

2.8.5.4. Método estadístico

El método estadístico será una representación simplificada de procesos complejos, diseñado para facilitar el análisis cuantitativo de las múltiples variables involucradas en una investigación y así obtener resultados significativos a partir de datos numéricos. En el contexto de la investigación científica, los métodos estadísticos permitirán organizar, resumir, analizar e interpretar datos para responder a las preguntas de investigación y establecer conclusiones válidas. Estas herramientas no solo ayudarán a sintetizar información, sino que también aportarán rigor y objetividad al proceso investigativo, reduciendo la subjetividad y proporcionando evidencia cuantificable para las afirmaciones realizadas (Ali & Bhaskar, 2016).

2.8.6. Técnicas de investigación

2.8.6.1. Técnicas de observación

Es una técnica de investigación que consistirá en un proceso que implicará someter a un objeto a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), con el objetivo de evaluar las reacciones o efectos que se producen (variable dependiente)

Esta técnica será fundamental en la evaluación con diferentes condiciones de la mezcla del concentrado de chocho y la miel, con el fin determinar los niveles óptimos en función de la textura de las barras (Martínez, 2022).

2.8.6.1. Encuesta

La evaluación sensorial de las barras proteicas se llevó a cabo mediante un panel entrenado conformado por 10 jueces, con el objetivo de caracterizar de manera objetiva los atributos sensoriales del producto. Los panelistas evaluaron parámetros como color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad global, utilizando una escala estructurada previamente definida. Esta herramienta es importante para poder realizar con los penalistas de catadores con una escala heroica de 1-5 de las puntos de valores (Sánchez Socarrás et al., 2016).

2.8.7. Instrumentos de investigación

2.8.7.1. Obtención de datos

Los datos se adquirieron a través de pruebas experimentales en el laboratorio, que abarcaron los análisis de la grasa, fibra, proteína, humedad, ceniza, azúcares, almidón y actividad agua por diferencia, además del análisis de textura utilizando un texturómetro. Además, se realizaron encuestas estructuradas a un conjunto de consumidores para valorar la

aceptación del producto y recoger recomendaciones sobre su sabor, textura, olor, color y aceptabilidad.

2.8.7.2. Recolección de datos

La recolección de datos se realizó en dos fases: la primera, en el laboratorio, a través de fichas técnicas para el análisis proximal y físico; la segunda, en campo, por medio de encuestas presenciales a los participantes escogidos. Los datos obtenidos serán almacenados en formato digital para su posterior análisis estadístico. El software Design-Expert versión 8.0.6 se utilizará para el análisis de las variables respuesta de contenido de proteína y dureza. Por su parte, el programa InfoStat se empleará para el análisis de los datos proximales y de textura mediante análisis de varianza (ANOVA).

2.9. Metodología para la obtención del concentrado proteico

2.9.1. Materia prima, materiales y equipos

En la etapa el tamizado se utilizaron materias primas, materiales y equipos para la estandarización del tamaño de partícula y la obtención del concentrado de chocho, los cuales se detallan a continuación:

Materia prima

- Semillas de las dos variedades de chocho (*Lupinus mutabilis*), en estado seco y limpio, libres de impurezas, las cuales fueron sometidas a molienda para la obtención de harina .

En la tabla 4 se muestra los materiales y equipos que se utilizaron para la realización del tamizado en las harinas del chocho.

Materiales

- Juego de tamices de diferentes aperturas (355 μm , 200 μm y 100 μm)
- Base recolectora
- Recipientes
- Envases
- Brocha pequeña

Equipos y su descripción

La Tabla 5 muestra los diferentes equipos empleados durante el proceso de tamizado de la harina de chocho.

Tabla 5 Descripción de los equipos

| Equipos | Especificación |
|--|--|
| Estufa con regulador de temperatura (Memmert UN 30) | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Estufa de convección forzada. • Capacidad interna: 32 litros. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Rango de temperatura: Ambiente +5 °C a 300 °C. • Precisión: ±0,5 °C. • Control de temperatura: Digital PID. • Material interior: Acero inoxidable. • Tiempo de estabilización: 1–2 minutos. • Uso: Secado y deshidratación de muestras. |
| Molino manual | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Disco de molienda de acero al manganeso para trituración eficiente de granos. • Color: Plata • Estilo: moderno • Material: Hierro fundido, hierro, acero al manganeso, madera • Proceso: galvanización, pintura • Modo de funcionamiento: Manual • Instalación necesaria: sí • Capacidad: Aproximadamente 0.5 kg / 1.1 lbs • Grosor de mesa requerido: Menos de 4,5 cm / 1,77 in • Diámetro superior circular de la abertura: 14 cm • Diámetro de entrada: 9 cm / 3.54 in • Altura del producto: aproximadamente 28,5 cm / 11,22 pulgadas • Tamaño del paquete: 12.35 * 27.55 * 15.2 cm / 4.86 * 10.85 * 5.98 in • Peso bruto: 4.3 kg • Peso neto: 4,2 kg / 9,26 lbs |
| Tamizadora de laboratorio digital Fritsch Analysette 3 SPARTAN | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: análisis granulométrico por el método de tamizaje • Rango de medida: 20 µm (ASTM No. 635) – 100 mm (ASTM 4’’) • Cantidad de muestra: 10 gramos a 5 kg dependiendo de las mallas de los tamices. • Tiempos de análisis: 10 a 30 minutos, tamizaje en seco 5 a 15 minutos, tamizaje en húmedo. • Número de tamices: 8 tamice altura plena / 16 tamices de media altura. • Accesorios para tamizaje en seco: Tapa en Plexiglas y recipiente colector. • Accesorios para tamizaje en húmedo: Tapa con 2 boquillas para lavado rotatorio Anillos intermedios con 3 boquillas de lavado Recipiente colector con desagüe. • Dimensiones (LxPxH): 37x40x20cm (15x16x8’’) |
| Balanza analítica | <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad máxima: 4500 g • Legibilidad (precisión): 0,01 g • Carga mínima: 0,5 g |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Rango de tara: Hasta -4500 g • Repetibilidad: 0,01 g • Linealidad: $\pm 0,02$ g • Tamaño del plato: 195 x 195 mm • Tiempo de estabilización: 1,5 – 2 segundos • Calibración: Interna automática • Suministro de energía: 110–230 V AC, 50/60 Hz • Peso neto/bruto: 4,8 kg / 6,3 kg |
| Molino de centrífuga (Retsch Ultra ZM 200 Haan) | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: para molienda fina • Descripción: Molino ZM 200 • Electricidad: 120 V, 50/60 Hz • Velocidad: 6.000 - 18.000 rpm • Gato. No.: 16003-482 • Nivel de sonido: Hasta 77,5 dB(A) • Volumen máximo de muestras: 900 mL • Dimensiones: 41 de ancho x 36,5 de ancho x 51,5 cm de largo (161/8 x 143/8 x 209/32") • Pureza final: <40 μm • Tamaño del feed: Hasta 10 mm • Peso: 38 kg (83,8 lbs.) |
| Juego de tamices | <ul style="list-style-type: none"> • Aberturas nominales: 100 μm, 200 μm y 300 μm • Material de malla: acero inoxidable • Material del aro: Acero inoxidable o aluminio. • Diámetro del tamiz: 200mm (8 pulgadas) • Norma de fabricación: ISO 3310-1/ASTM E11 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.9.2. Procedimiento del concentrado de chocho

Recepción: Se recibieron granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) de las dos variedades estudiadas, previamente limpios y secos. En esta etapa se verificaron las condiciones generales del grano para asegurar la idoneidad de la materia prima.

Figura 2 Recepción y selección de chocho



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Selección: Posterior a la recepción, los granos fueron seleccionados manualmente para eliminar impurezas, material extraño y granos dañados o deteriorados, garantizando la calidad del insumo para las etapas posteriores del proceso.

Figura 3 Selección de chocho



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Lavado: Los granos seleccionados se lavaron con abundante agua potable para eliminar residuos superficiales e impurezas adheridas. Posteriormente, se procedió al escurrido del exceso de agua.

Desamargado: El desamargado del chocho se efectuó con un remojo inicial de los granos en agua a temperatura ambiente por 12-24 h (relación 1:5 del grano de chocho y agua). A continuación, los granos fueron sometidos a una cocción en agua limpia por 15-30 min para facilitar la ruptura de la cubierta y extracción de alcaloides. Finalmente, se realizó un lavado continuo con agua corriente durante 48 a 72 h, renovando el agua periódicamente hasta alcanzar un sabor neutro.

Escurrido y secado: Luego del desamargado, los granos se escurrieron para eliminar el exceso de agua y se dispusieron en bandejas. El secado se realizó en un deshidratador o estufa con circulación de aire a 50–60 °C durante 4–6 h, hasta alcanzar un contenido de humedad aproximado del 10 %.

Descascarado: Los granos secos fueron sometidos a un proceso de descascarado mediante frotación o molienda suave. Posteriormente, las cáscaras se separaron mediante corriente de aire y posteriormente se utilizó un tamiz de malla gruesa.

Molienda: Los granos secos fueron sometidos a un proceso de molienda utilizando molinos de martillos, discos o cuchillos, hasta obtener una harina homogénea.

Tamizado: La harina obtenida se tamizó utilizando una serie de tamices colocados en orden descendente de apertura de malla (355 μm → 200 μm → 100 μm → base colectora). Se pesaron 100 g de harina de chocho, los cuales se colocaron en el tamiz superior y se sometieron a

tamizado durante 11 min en una tamizadora mecánica. Se identificó la fracción con mayor concentración proteica, la cual fue seleccionada como concentrado proteico.

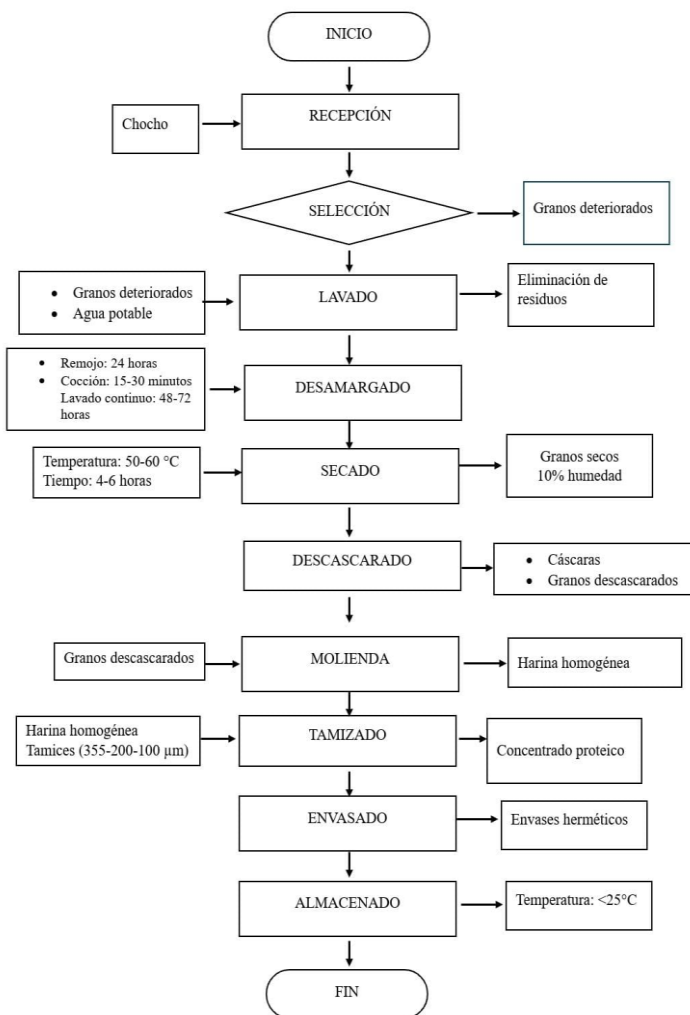
Envasado: El concentrado proteico obtenido se envasó en recipientes herméticos, previamente esterilizados y secos, con el fin de evitar contaminación y absorción de humedad.

Almacenamiento: El producto envasado se almacenó en un lugar seco, fresco y protegido de la luz, a una temperatura inferior a 25 °C, hasta su posterior utilización en la formulación de las barras proteicas.

2.9.3. Diagrama de flujo del proceso de obtención del concentrado proteico a partir de dos variedades de chocho.

El diagrama de flujo presentado en la Ilustración 1 representa de manera esquemática las etapas necesarias para la extracción y concentración de las proteínas a partir de semillas de chocho (Boukid & Castellari, 2021).

Figura 4 Diagrama de proceso de desamargado y tamizado



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.10. Metodología para las pruebas de la caracterización

2.10.1. Materia prima, insumos y equipos

Materia Prima

Harina del concentrado de proteína de las dos variedades de chocho

La tabla 6 muestra los reactivos, materiales y equipos que se utilizaron para realizar los análisis proximales tanto del grano y de las barras proteicas.

Tabla 6 Reactivos, materiales de laboratorio y equipos

| Reactivos | Material de laboratorio |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ácido Bórico (HBO_3) • Ácido Acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) • Ácido Acético ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) • Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) • Agua destilada (H_2O) • Etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) • Indicador para proteínas • Hidróxido de Potasio (KOH) • Hidróxido de Sodio (NaOH) al 40% • Ácido sulfúrico | <ul style="list-style-type: none"> • Algodón de desengrasado • Bureta Graduada • Embudo de vidrio • Matraz Erlenmeyer de 50 mL • Probeta de 100 mL • Probeta de 200 mL • Gotero • Gradilla • Pipetas de 10 mL • Crisoles de porcelana • Desecador • Espátula • Pinzas de acero inoxidable • Papel filtro • Bandeja metálica • Cuchara • Vasos de precipitación |

Fuente: (Caisaguano % Comina, 2026)

Equipos y su descripción

Esta Tabla 7 se muestran los equipos utilizados en el análisis del concentrado de chocho (*Lupinus mutabilis*) y sus especificaciones técnicas.

Tabla 7 Descripción de los equipos de análisis proximal

| Equipo | Especificación |
|-------------------------------|---|
| Aparato Kjeldahl macro (KJ2C) | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Sistema de digestión y destilación Kjeldahl macro. |

| | |
|---|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de digestión: 300 – 500 mL por tubo. • Rango de temperatura: Hasta 450 °C. • Control de temperatura: Automático digital. • Fuente de calentamiento: Resistencia eléctrica controlada. • Uso: Determinación de nitrógeno total y proteína |
| Estufa con regulador de temperatura (Memmert UN 30) | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Estufa de convección forzada. • Capacidad interna: 32 litros. • Rango de temperatura: Ambiente +5 °C a 300 °C. • Precisión: ±0,5 °C. • Control de temperatura: Digital PID. • Material interior: Acero inoxidable. • Tiempo de estabilización: 1–2 minutos. • Uso: Secado y deshidratación de muestras. |
| Termómetro digital de bolsillo (ST-9211A/B/C) | <ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición: –50 °C a +150 °C. • Precisión: ±1 °C. • Resolución: 0,1 °C. • Tipo de sensor: Sonda de acero inoxidable. • Pantalla: LCD digital. • Tiempo de respuesta: 1 segundo. • Alimentación: Batería tipo botón (LR44 o similar). |
| Medidor de pH (PH-101) | <ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición: 0.00 – 14.00 pH. • Resolución: 0.01 pH. • Precisión: ±0.01 pH. • Compensación de temperatura: Automática (ATC). • Temperatura de operación: 0 °C a 60 °C. • Sonda: Electrodo combinado de vidrio. • Pantalla: LCD digital con lectura directa. • Calibración: Automática (1–3 puntos). |
| Balanza analítica (Boeco BPS-51 Plus) | <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad máxima: 4500 g. • Legibilidad (precisión): 0.01 g. • Carga mínima: 0.5 g. • Rango de tara: Hasta 4500 g. • Repetibilidad: ±0.01 g. • Linealidad: ±0.02 g. • Tamaño del plato: 195 × 195 mm. • Tiempo de estabilización: 1.5 – 2 s. • Calibración: Interna automática. • Peso neto/bruto: 4.8 kg / 6.3 kg. |
| Mufla con regulador de temperatura (Thermolyne Thermo Scientific FB1414M) | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Horno mufla de laboratorio. • Rango de temperatura: Ambiente a 1200 °C. • Control: Termorregulador digital con control PID. • Capacidad interna: 14 L. • Elemento calefactor: Fibra cerámica resistente a altas temperaturas. • Precisión: ±5 °C. |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación: Determinación de cenizas y calcinaciones. |
| Deshidratador de alimentos (SS-32) | <ul style="list-style-type: none"> • Material: Acero inoxidable. • Capacidad: 32 bandejas extraíbles. • Rango de temperatura: 35 °C – 90 °C. • Control de temperatura: Digital programable. • Tipo de flujo de aire: Horizontal para secado uniforme. • Fuente de energía: Eléctrica 220 V / 50 Hz. • Uso: Deshidratación de frutas, hortalizas y productos agroindustriales. |
| Cocina de inducción con 4 inductores y horno | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Cocina eléctrica de inducción con horno integrado. • Número de inductores: 4 zonas de cocción independientes. • Rango de potencia: 500 W – 2000 W por inductor. • Superficie: Vidrio cerámico resistente al calor. • Horno: Eléctrico con control de temperatura de 50 °C a 250 °C. • Control: Digital táctil. Suministro de energía: 220 V / 60 Hz. • Uso: Cocción y calentamiento de muestras. |
| Plancha de calentamiento con agitador (Sp131325Q) | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de agitación: 60 -1200 rpm • Control de velocidad: perillas (escala) • Capacidad máxima de envase: 1-6 L • Temperatura: hasta 540°C • Placa de calentamiento: Cerámica • Carcasa: Aluminio inyectado con recubrimiento de epoxi |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.10.1. Determinación de proteínas (N total × 6,25) AOCAC (955,39)

Para el cálculo de contenido de proteína se usó el método de Kjeldahl, de acuerdo a la normativa (AOAC, 2001).

La ecuación aplicada para calcular la proporción de concentración de proteína se presenta a continuación:

Ecuación 1.

$$\%Nitrógeno = \frac{(Vm - Vb) \times M \times 14.01}{W \times 10}$$

Ecuación 2.

$$\%Proteína\ cruda = \%Nitrogeno \times F$$

Donde:

V= Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular una prueba

Vb = Volumen (mL) de ácido estandarizado usado para titular el blanco de reactivo

M = Molaridad del HCl estándar

14.01 = Peso atómico de N

W= Peso (g) de la porción de prueba o estándar

10= Factor para convertir mg/g a porcentaje

F= Factor para convertir N a proteína.

2.10.1. Contenido de fibra AOAC 978,10

El método gravimétrico, permitirá determinar el contenido porcentual de fibra, consiste en un tratamiento inicial de la muestra con ácido (ácido sulfúrico o ácido clorhídrico) para disolver los componentes solubles quedando principalmente la fibra intacta en el medio. A continuación, se somete a la muestra a un medio alcalino (hidróxido de sodio) permitiendo solubilizar otras fracciones.

Después de estas digestiones se realiza un filtrado. Los residuos se encuentran en el filtro son denominados. Estos residuos son lavados repetidamente para eliminar cualquier contaminante y posteriormente son secados en un horno a una temperatura determinada para finalmente pesarlos (A.O.A.C 9., 2002).

Ecuación 3

$$\%Fibra = \left(\frac{(Pf - Pv)}{Pm} \right) \times 100$$

Donde:

Pf = Peso de la placa conteniendo la muestra desecada

Pm = Cantidad de muestra pesada en el ensayo

Pv = Peso de la placa vacía

2.10.2. Contenido de grasa AOAC 920,39

Para determinar el contenido de grasa se utilizó el método Goldfish, consiste en extraer continuamente en extraer de manera continua con un disolvente orgánico, se calienta el disolvente, se vaporiza y se condensa sobre la muestra. El disolvente gotea de manera continua a través de la muestra para extraer la grasa. La grasa se calcula entre la diferencia de peso de la muestra original y la extraída (grasa) se emplea la siguiente ecuación (A.O.A.C 4., 1990).

Ecuación 4

$$Grasa = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del vaso con el extracto etéreo o residuo de grasa de la muestra

P2= Peso del vaso vacío

P3= Peso de la muestra empleada

2.10.3. Determinación de humedad AOAC 925.10

La determinación de humedad se utilizará el método gravimétrico, el cual fundamenta la pérdida de peso de la muestra al ser desecada hasta alcanzar un peso constante (A.O.A.C, 925,09).

Se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$\%Humedad = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde:

H (%): Humedad en porcentaje de masa.

M1: Masa de la placa vacía.

M2: Masa de la placa más las microcápsulas antes de secar (g).

M3: Masa de la placa más las microcápsulas después del secado (g).

2.10.4. Ceniza AOAC 942,05

Este proceso consiste en calentar la muestra en una mufla hasta que se quemé todos los materiales orgánicos, dejando principalmente los residuos minerales (A.O.A.C., 2005). El contenido de ceniza se calcula en porcentaje con la ecuación siguiente:

Ecuación 6

$$\%Ceniza = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100$$

Donde:

P0= Peso del crisol vacío

P1= Peso del crisol con la muestra

P2 = Peso del crisol con las cenizas

2.10.5. Determinación de azúcares totales (AOAC 925.05)

La determinación de azúcares totales se realizará mediante el método oficial AOAC 925.05, el cual se basará en la hidrólisis de los carbohidratos presentes en la muestra y su posterior cuantificación por métodos colorimétricos. La muestra será preparada adecuadamente y

sometida a reacción química, generando un compuesto coloreado cuya absorbancia será medida mediante espectrofotometría.

La concentración de azúcares se calculará empleando una curva de calibración previamente establecida con soluciones patrón de glucosa.

Formulación matemática:

$$\text{Azúcares totales (\%)} = \frac{C \times V \times 100}{m \times 1000}$$

Donde:

C = concentración de azúcares obtenida de la curva de calibración (mg/mL)

V = volumen total del extracto (mL)

m = masa de la muestra (g)

Los resultados se expresarán en porcentaje de azúcares totales.

2.10.6. Determinación de almidón (AOAC 996.11)

El contenido de almidón se determinará mediante el método AOAC 996.11, el cual se fundamentará en la hidrólisis enzimática del almidón presente en la muestra mediante α -amilasa y amiloglucosidasa, convirtiéndolo completamente en glucosa libre. La glucosa obtenida será cuantificada por métodos espectrofotométricos.

El contenido de almidón se calculará a partir de la concentración de glucosa obtenida, aplicando el factor de conversión correspondiente.

Formulación matemática:

$$\text{Almidón (\%)} = \frac{G \times V \times 0,9 \times 100}{m \times 1000}$$

Donde:

G = concentración de glucosa obtenida (mg/mL)

V = volumen final del extracto (mL)

m = masa de la muestra (g)

0,9 = factor de conversión de glucosa a almidón

Los resultados se expresarán como porcentaje de almidón en base a muestra fresca o seca, según corresponda.

2.10.7. Determinación de actividad de agua (AOAC 978.18)

La actividad de agua se determinará aplicando el método AOAC 978.18, el cual se basará en la medición de la relación entre la presión de vapor de agua de la muestra y la presión de vapor

del agua pura a la misma temperatura. La medición se efectuará utilizando un equipo específico de actividad de agua, previamente calibrado.

Formulación matemática:

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

Donde:

a_w = actividad de agua

P = presión de vapor del agua en la muestra

P_0 = presión de vapor del agua pura

Los valores obtenidos permitirán evaluar la estabilidad microbiológica, fisicoquímica y la vida útil del producto alimenticio.

2.11. Metodología de la elaboración de las barras proteicas

2.11.1. Materia prima, materiales e insumos

En la Tabla 8 se detalla los ingredientes, insumos y equipos que se utilizaron para la realización de las barras proteicas.

Tabla 8 Materia prima, insumos y equipos

| Materia prima | Insumos |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Concentrado de proteína de chocho • Almidón de camote • Coco deshidratado • Miel de abeja • Pasta de mani • Saborizante de vainilla • Aroma de coco | <ul style="list-style-type: none"> • Aceite vegetal • Papel para hornear • Fundas trilaminadas |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Equipos y su descripción

En la Tabla 9 se muestra los equipos que se utilizaron en la elaboración de las barras proteicas y su capacidad de cada equipo.

Tabla 9 Equipos de la elaboración de las barras

| Equipos | Descripción |
|---------------------------|--|
| Balanza de cocina digital | <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 0g a 5000g (5kg) |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Precisión: 1g • Unidades disponibles: gramos(g), kilogramos (kg), onzas (oz), libras (lb) • Pantalla: pantalla LDC digital • Dimensiones: 20 cm x 15cm x 3cm |
| Cocina de inducción con 4 inductores y horno | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Cocina eléctrica de inducción con horno integrado. • Número de inductores: 4 zonas de cocción independientes. • Rango de potencia: 500 W – 2000 W por inductor. • Superficie: Vidrio cerámico resistente al calor. • Horno: Eléctrico con control de temperatura de 50 °C a 250 °C. • Control: Digital táctil. Suministro de energía: 220 V / 60 Hz. |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.11.2. Procedimiento de la elaboración de las barras con el concentrado de chocho

Selección: Cada corrida experimental de barras proteicas se realizó con 200 g de ingredientes, empleándose concentrado de proteína de chocho en proporciones entre 34% y 40%, miel de abeja entre 38% y 44%, mientras que ingredientes funcionales como maní, coco deshidratado y almidón de camote se mantuvieron constantes al 7%. La esencia de vainilla y el aroma de coco se incorporaron al 0,5%, con el objetivo de mejorar la aceptabilidad sensorial y el valor nutricional del producto.

Figura 5 Ingredientes de las barras proteicas



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Preparación: Todos los ingredientes se pesaron por separado utilizando una balanza. Los ingredientes secos, correspondientes al concentrado de proteína de chocho, almidón de camote y coco deshidratado se incorporó con la miel y la esencia de vainilla, con el fin de obtener una preparación homogénea antes de su incorporación en la mezcla final.

Figura 6 Pesado de ingredientes



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Mezcla de ingredientes: Se combinaron todos los ingredientes secos en un recipiente grande y mezclarlos bien hasta obtener una mezcla homogénea.

Figura 7 Mezcla de ingredientes



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Moldeado: La masa obtenida se colocó en un molde rectangular de 14 cm de ancho \times 21 cm de largo \times 4 cm de espesor, previamente engrasado o forrado con papel para hornear, y se presionó firmemente para eliminar bolsas de aire y asegurar una adecuada compactación.

Figura 8 Moldeado de la masa.



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Secado: La masa moldeada se dejó reposar durante 10 minutos a temperatura ambiente, con el fin de estabilizar la estructura inicial de la barra.

Horneado: se realizó un horneado ligero a 180 °C durante 15 minutos, con la finalidad de fijar la estructura de las barras proteicas

Corte: Una vez que la masa alcanzó una consistencia firme, se procedió al corte en barras rectangulares de 7 cm de ancho × 16 cm de largo, obteniendo porciones de tamaño uniforme.

Enfriamiento: Las barras se enfriaron a temperatura ambiente (< 25 °C) durante 20 minutos, permitiendo la estabilización de la matriz proteica y la mejora de la firmeza del producto.

Empaque: Finalmente, las barras proteicas se envasaron individualmente en fundas trilaminadas, con el propósito de protegerlas de la humedad, la luz y el oxígeno.

Figura 9 Empaquetado de las barras



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Almacenado: Las barras de chocho se almacenaron en un lugar seco y limpio, a temperatura ambiente, protegidas de la humedad y de la luz directa. Estas condiciones permitieron conservar la calidad del producto, manteniendo su textura, sabor y estabilidad durante el período de almacenamiento.

Figura 10 Almacenado de barras



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.11.3. Formulación en la elaboración de barra proteica

En la Tabla 10 se determina la formulación para las barras proteicas con el concentrado de chocho, donde se determinarán el porcentaje con cada ingrediente para una base de 1000g. Las proteínas de leguminosas son el segundo grupo más grande de proteínas después de la proteína animal por su alto contenido de proteínas que se encuentra alrededor del 16 al 43%. (Batallas Rodríguez, 2023).

En una investigación realizada sobre la elaboración de una barra proteica de banano utilizada harina de garbanzo. Zambrano (2025) indica que varió el porcentaje de harina de garbanzo entre 15 % y 20 %.

Tabla 10 Formulación de la barra proteica

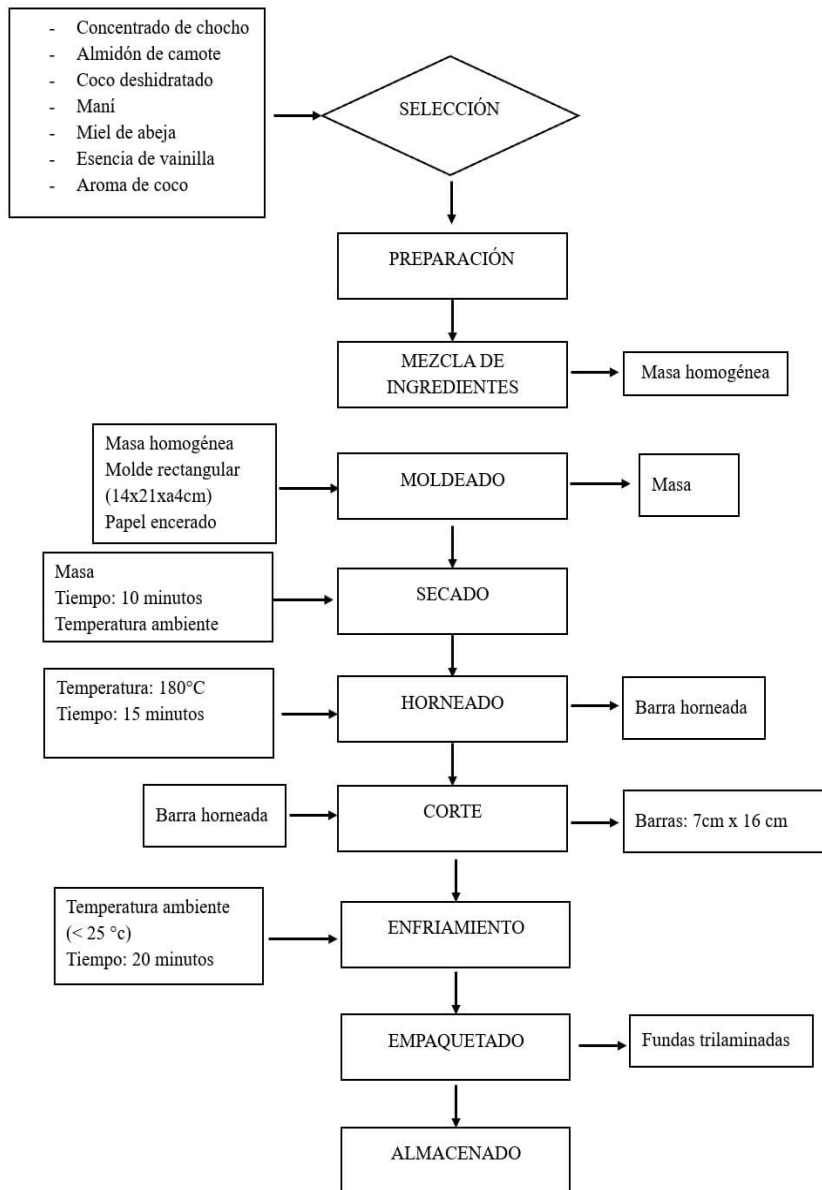
| Ingredientes | Formulación | |
|-----------------------|-------------|---------|
| | % | g |
| Concentrado de chocho | 34- 40 | 340-400 |
| Almidón de camote | 7 | 70 |
| Miel de abeja | 38-44 | 380-440 |
| Maní | 7 | 70 |
| Coco deshidratado | 7 | 70 |
| Aroma de coco | 0.5 | 5 |
| Vainilla | 0.5 | 5 |
| Total | 100 | 1000 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.11.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la barra a base de concentrado proteico de chocho

El diagrama de flujo describe de manera secuencial las etapas involucradas en la elaboración de la barra, desde la obtención del concentrado proteico de chocho hasta el mezclado, conformado y almacenamiento del producto final.

Figura 11 Diagrama de la elaboración de barras proteicas.



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.12. Validación de Hipótesis

H₁: La concentración de proteína de las dos variedades de chocho utilizadas en la elaboración de barras proteicas influyen significativamente en sus propiedades proximales, físicas y sensoriales.

H₀: La concentración de proteína de las dos variedades de chocho utilizadas en la elaboración de barras proteicas no influyen significativamente en sus propiedades proximales, físicas y sensoriales.

Luego de realizado los análisis proximales, físicos y sensoriales, se comprobó que la concentración de proteína de las dos variedades de chocho influyó significativamente en la evaluación sensorial, de las barras proteicas. En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

2.13. Diseño Experimental.

La matriz experimental y el análisis de los datos se generaron con el software Design-Expert versión 8.0.6. El diseño experimental de mezclas IV óptimo, que incluyeron combinaciones en los extremos del dominio experimental, puntos intermedios y réplicas, de interacción entre los componentes de la mezcla. Este diseño experimental se implementó de manera independiente para cada una de las dos variedades de chocho (INIAP 450 Y INIAP DB), lo que permitió evaluar por separado el comportamiento de las mezclas y las variables respuesta. En la industria alimentaria, del mismo modo que en la industria farmacéutica, han venido aplicándose con éxito los diseños experimentales de mezclas para evaluar de manera consistente y económica la influencia de cada uno de los componentes de la mezcla en el producto final. (Judith et al., 2015)

2.14. Descripción del diseño

En la tabla 11 se muestra la descripción de las variables de la barra proteica del alto concentrado de proteína del chocho que se va utilizar en diseño experimental.

Tabla 11 Descripción del diseño experimental

| Factores | Niveles | Tipo | Mínimo | Máximo |
|--|------------------|-------------|---------------|---------------|
| Componente A: Cantidades de concentrado de chocho | a1: 34 a2: 40 | % | 34 | 40 |
| Componente B: Contenido de la miel de abeja | b1: 38 b2: 44 | % | 38 | 44 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

En la tabla 12 nos indica las variables dependientes e independientes también sus indicadores y mediciones que se van a realizar mediante el diseño a la barra proteica del alto concentrado de proteína del chocho.

Tabla 12 Cuadro de variables

| Variable dependiente | Variable independiente | Indicadores | Medición |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Concentración de proteína | Concentrado de chocho | Porcentaje de concentración de | % |

| | | | |
|------------------------|------------------------------|--|--|
| | a1: 34 | proteína | |
| | a2: 40 | | |
| Medición de textura | Compatibilidad de la miel | Análisis proximal de los tratamientos | Porcentaje de Humedad Proteína Fibra Grasa Ceniza Almidón Carbohidratos |
| | b1: 38 | | |
| | b2: 44 | Análisis de textura | Porcentaje de Dureza Porosidad Masticabilidad |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.15. Descripción de los tratamientos

La tabla 13 muestra los componentes del sistema de mezclas fueron: A: concentrado de chocho (% m/m), B: miel de abeja (% m/m) y C: otros ingredientes (maní, coco deshidratado, almidón de camote y aromatizantes) donde se mantuvo fijo en 22% m/m. Los rangos de variación de 34 a 40% para A y de 38 a 44% para B se definieron en ensayos preliminares de factibilidad tecnológica y sensorial. Las variables respuesta seleccionadas para la optimización fueron el contenido de proteína (% m/m) y dureza (N), debido a su relevancia nutricional en el desarrollo de barras proteicas. Esta descripción de tratamientos se llevó a cabo de forma independiente para cada una de las dos variedades de chocho (INIAP 450 y INIAP DB), lo que facilitó la evaluación individual del rendimiento de las combinaciones y las variables de respuesta .

Tabla 13 Descripción de los tratamientos

| Corridas | A: Concentrado de chocho (% m/m) | B: Miel de abeja % (m/m) | C: Otros % (m/m) |
|----------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 1 | 36 | 42 | 22 |
| 2 | 38 | 40 | 22 |
| 3 | 40 | 38 | 22 |
| 4 | 34 | 44 | 22 |
| 5 | 40 | 38 | 22 |
| 6 | 40 | 38 | 22 |
| 7 | 37 | 41 | 22 |
| 8 | 40 | 38 | 22 |
| 9 | 34 | 44 | 22 |
| 10 | 38.5 | 39.5 | 22 |
| 11 | 34 | 44 | 22 |
| 12 | 34 | 44 | 22 |
| 13 | 35.5 | 42.5 | 22 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

2.16. Análisis e interpretación de los resultados

2.16.1. Composición química del grano de chocho (*Lupinus mutabilis*) en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara

La Tabla 14 y 15 presenta la composición química del grano INIAP 450 y INIAP DB de las variedades en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara, considerando los parámetros de proteína, fibra, grasa, humedad, cenizas y alcaloides en las dos variedades evaluadas.

Tabla 14 Composición química del grano de chocho INIAP 450

| VARIEDAD | INIAP 450 | | |
|------------|-----------|-------------|-------------------------|
| | AMARGO | DESAMARGADO | DESAMARGADO SIN CÁSCARA |
| PROTEINAS | 43,46 | 48,71 | 54,25 |
| FIBRAS | 5,65 | 8,20 | 4,65 |
| GRASAS | 13,55 | 19,80 | 21,55 |
| HUMEDAD | 6,57 | 5,93 | 5,98 |
| CENIZAS | 3,80 | 1,65 | 3,30 |
| ALCALOIDES | 1,10 | | |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

La composición química del grano de chocho INIAP 450 mostró variaciones en función del tratamiento aplicado (amargo, desamargado y desamargado sin cáscara). El contenido de proteínas se mantuvo elevado en los tres casos, con valores de 43,46% en grano amargo, 48,71% en desamargado y 54,25% en desamargado sin cáscara, evidenciando un incremento tras el procesamiento. Las fibras presentaron un aumento luego del desamargado (8,20%) respecto al grano amargo (5,65%), mientras que las grasas se incrementaron notablemente en la condición sin cáscara (21,55%). La humedad se mantuvo relativamente constante (5,93–6,57%), y las cenizas disminuyeron tras el desamargado (1,65%) en comparación con el grano amargo (3,80%). Finalmente, los alcaloides se mostraron en el grano amargo de (1,10%).

En la Tabla 15 se presenta la composición química de la variedad de grano de chocho dulce blanco INIAP DB.

Tabla 15 Composición química del grano de chocho INIAP DB

| VARIEDAD | INIAP DB | | |
|-----------|----------|-------------|-------------------------|
| | AMARGO | DESAMARGADO | DESAMARGADO SIN CÁSCARA |
| PROTEINAS | 43,46 | 37,92 | 58,04 |
| FIBRAS | 7,75 | 4,55 | 3,60 |
| GRASAS | 14,25 | 15,00 | 21,00 |
| HUMEDAD | 7,37 | 7,41 | 4,69 |
| CENIZAS | 4,70 | 5,35 | 1,80 |

| | |
|------------|------|
| ALCALOIDES | 0,50 |
|------------|------|

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

La composición química del grano de chocho de la variedad INIAP DB presentó variaciones según el tratamiento aplicado (amargo, desamargado y desamargado sin cáscara). El contenido de proteínas fue de 43,46% en el grano amargo, disminuyó a 37,92% tras el desamargado y se incrementó de manera notable en la condición desamargado sin cáscara, alcanzando 58,04%, lo que evidencia el efecto del procesamiento sobre la concentración proteica. Las fibras mostraron una disminución progresiva (7,75% a 3,60%), mientras que las grasas aumentaron, especialmente en la condición sin cáscara (21,00%). La humedad se mantuvo similar entre amargo y desamargado ($\approx 7,4\%$), pero disminuyó en el grano sin cáscara (4,69%). Las cenizas se incrementaron tras el desamargado (5,35%) y se redujeron significativamente en la condición sin cáscara (1,80%). Finalmente, los alcaloides se mostraron en el grano amargo de (0,50%).

El grano amargo de ambas variedades cumple con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2389 (2005), que incluye proteína, grasa, fibra, ceniza, humedad y alcaloidea. Por su parte, los granos de chocho desamargado se encuentran dentro de los rangos permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2390 (2004), lo que confirma la calidad del grano para su consumo y procesamiento.

Se observó un incremento en el contenido proteico de los granos desamargados sin cáscara, alcanzando valores de 54,25 % para la variedad INIAP 450 y de 58,04 % para INIAP DB. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Meneses y Pulles (2025), quienes indicaron que los procesos de desamargado y fraccionamiento del chocho incrementan la proporción de proteína debido a la reducción de fibra y compuestos solubles. Además, Guerra y Pozo (2018) reportaron contenidos proteicos superiores al 50 % en aislados proteicos de *Lupinus mutabilis*, valores comparables a los obtenidos en el presente estudio. Asimismo, el contenido de grasa aumentó tras el proceso de desamargado, alcanzando valores entre 21,00 y 21,55 %, lo cual coincide con lo señalado por Mazón (2019), quien indica que la fracción lipídica del chocho se concentra tras la eliminación de la cáscara.

En contraste, la fibra disminuyó notablemente en el grano desamargado sin cáscara, confirmando que esta fracción se localiza principalmente en los tejidos externos del grano. Las cenizas y la humedad también se redujeron durante el proceso, mientras que la ausencia de alcaloides en los granos desamargados confirma la eficacia del método tradicional aplicado, en concordancia con lo descrito por Cortés-Avenidaño et al. (2020).

2.16.2. Caracterización de análisis físicos del grano de chocho en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara

La Tabla 16 y 17 presenta las propiedades geométricas, de color y masa del grano de las variedades INIAP 450 e INIAP DB en estado amargo, desamargado y desamargado sin cáscara. Las dimensiones lineales (largo, ancho, espesor) se expresan en mm, al igual que el diámetro geométrico medio (GMD); el área superficie en mm² y volumen en mm³. El grano desamargado y desamargado sin cáscara fue sometido a un proceso de deshidratación previo a su correspondiente caracterización.

Tabla 16 Parámetros físicos del grano de chocho INIAP 450

| VARIEDAD | INIAP 450 | | |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|
| | AMARGO | DESAMARGADO | DESAMARGADO SIN CÁSCARA |
| Geométrico | | | |
| Largo | 10,26 | 10,45 | 9,37 |
| Ancho | 8,17 | 8,54 | 7,72 |
| Espesor | 4,93 | 4,16 | 4,28 |
| GMD | 744 | 7,18 | 6,84 |
| Esfericidad | 0,73 | 0,69 | 0,69 |
| Superficie de área | 148,77 | 137,32 | 125,52 |
| Volumen | 158,95 | 137,7 | 121,8 |
| Color | | | |
| L* | 61,93 | 50,79 | 39,04 |
| a* | 2,57 | 3,26 | 12,04 |
| b* | 12,91 | 23,39 | 58,21 |
| C* | 13,17 | 23,61 | 59,46 |
| h* | 77,69 | 82,06 | 78,35 |
| IO* | 26,02 | 74,17 | 709,27 |
| Peso específico (kg/m ³) | 62.71 | 52.09 | 43.76 |
| Peso de 100 granos | 2799.47 | 1977.93 | 1779.73 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados muestran que el proceso de desamargado y la remoción de la cáscara en el chocho INIAP 450 generan cambios en las propiedades físicas, geométricas y de color del grano. Se observó una ligera reducción en el tamaño (GMD de 7,44 a 6,84 mm), así como en la superficie de área y el volumen, siendo la condición desamargado sin cáscara la que presentó los valores más bajos. Asimismo, el peso específico disminuyó de 62,71 a 43,76 kg/m³ y el peso de 100 granos de 2799,47 a 1779,73 g, evidenciando pérdida de masa por efecto del procesamiento. En cuanto al color, la luminosidad (L) se redujo, mientras que los valores de a,

b* y C* aumentaron en la condición sin cáscara, indicando una mayor intensidad de color tras el tratamiento.

La Tabla 17 presenta las propiedades geométricas, de color y masa del grano de la variedad dulce blanco INIAP DB.

Tabla 17 Parámetros físicos del grano de chocho INIAP DB

| VARIEDAD | INIAP DB | | |
|--------------------|----------|-------------|-------------------------|
| | AMARGO | DESAMARGADO | DESAMARGADO SIN CÁSCARA |
| Geométrico | | | |
| Largo | 9,62 | 10,84 | 10,06 |
| Ancho | 8,19 | 8,91 | 7,92 |
| Espesor | 5,02 | 3,79 | 3,52 |
| GMD | 7,32 | 7,13 | 6,53 |
| Esfericidad | 0,76 | 0,66 | 0,65 |
| Superficie de área | 145,31 | 135,58 | 113,04 |
| Volumen | 155,72 | 133,32 | 100,08 |
| Color | | | |
| L* | 60,36 | 53,13 | 31,59 |
| a* | 2,95 | 3,81 | 14,79 |
| b* | 13,05 | 20,2 | 50,84 |
| C* | 13,3 | 20,58 | 53,59 |
| h* | 77,06 | 79,16 | 71,96 |
| IO* | 28,34 | 52,25 | 892,17 |
| Peso específico | 71,41 | 53,33 | 51,43 |
| Peso de 100 granos | 2160,93 | 1605,30 | 1509,57 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados para la variedad INIAP DB evidencian que el proceso de desamargado y la remoción de la cáscara modifican las propiedades geométricas, físicas y de color del grano. Se observó una ligera variación en las dimensiones, con un incremento del largo tras el desamargado (10,84 mm) y una reducción en la condición sin cáscara (10,06 mm), mientras que el diámetro medio geométrico disminuyó de 7,32 a 6,53 mm. De manera similar, la superficie de área y el volumen se redujeron progresivamente, alcanzando los valores más bajos en el grano desamargado sin cáscara. En cuanto al color, la luminosidad (L) disminuyó de 60,36 a 31,59, mientras que los valores de a, b* y C* aumentaron marcadamente en la condición sin cáscara, indicando una mayor intensidad cromática tras el procesamiento. Asimismo, el peso específico se redujo de 71,41 a 51,43 kg/m³ y el peso de 100 granos de 2160,93 a 1509,57 g, lo que refleja una pérdida de masa asociada al desamargado y a la eliminación de la cáscara.

Las características físicas del chocho permiten comprender los cambios morfológicos y estructurales que experimenta el grano a lo largo de los procesos de desamargado y eliminación de la cáscara, los cuales influyen directamente en su comportamiento tecnológico durante la molienda, obtención de harina y elaboración del concentrado proteico.

En este sentido, la norma ISO 520 (2011) del peso de 100 granos como criterios metodológicos para la caracterización de la calidad física de granos y semillas, permitiendo comparar de forma objetiva las variaciones entre estados de procesamiento. Asimismo, la NTE INEN 2389 (2005) y la NTE INEN 2390 (2004) establecen los requisitos generales de calidad física para granos enteros y granos procesados, respectivamente, en cuanto a uniformidad, integridad del grano, limpieza y ausencia de daños visibles, criterios que se cumplen en los granos en estado amargo y desamargado evaluados en este estudio.

Por su parte, la CIE 15 (2018) proporciona el marco metodológico para la medición objetiva del color en el espacio CIELAB (L, a, b*, C* y h°)**, permitiendo interpretar la disminución de la luminosidad (L*) y el incremento del croma (C*) observados tras el desamargado y descascarado, cambios asociados a transformaciones superficiales del grano y a la exposición del endospermo, lo cual tiene implicaciones en la aceptabilidad visual.

Tras el proceso de desamargado y la eliminación de la cáscara, se observa una reducción progresiva en GMD (mm), área superficial (mm²), volumen (mm³), peso específico y peso de 100 granos (g), lo que refleja modificaciones estructurales asociadas al procesamiento y constituye un criterio adecuado para caracterizar la calidad física del grano (Yorgancilar et al., 2018).

Resultados similares fueron reportados por Lara y Ruales (2021) en granos de maíz sometidos a tratamientos térmicos, donde se observó una disminución del peso específico y del volumen. Asimismo, los cambios en los parámetros colorimétricos, especialmente la disminución de la luminosidad (L*) y el incremento de los valores a* y b*, reflejan modificaciones estructurales inducidas por el remojo y la cocción. Este comportamiento ha sido previamente descrito en leguminosas procesadas térmicamente, donde los tratamientos prolongados generan oscurecimiento del grano debido a reacciones de pardeamiento no enzimático (Cheng et al., 2023).

Las propiedades físicas del grano amargo, desamargado y descascarillado provocaron una disminución moderada del diámetro geométrico medio (GMD), volumen, área superficial y peso de 100 granos, atribuible a la pérdida de masa por lixiviación y tegumento. El oscurecimiento significativo mostró una disminución de L* de 61 a valores entre 31 y 39,

acompañado de un aumento marcado de a^* y b^* , esto se asocia principalmente a reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard) durante la cocción, fenómeno ampliamente documentado en leguminosas procesadas térmicamente (Oracz & Nebesny, 2018).

2.16.3. Análisis de proteína de harinas tamizadas de las dos variedades de chocho

En la Tabla 18 y 19 se presenta los porcentajes de proteína en las harinas sometidas a un tamizado mecánico mediante una columna de tamices de 100 μm , 200 μm y 355 μm , dispuestos en orden ascendente, para clasificar las partículas según su tamaño.

Tabla 18 Contenido de proteína (% m/m) en harina de variedad de chocho INIAP 450

| Variedades | INIAP 450 | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 100 μm | 200 μm | 355 μm |
| Rango de los tamices | 100 μm | 200 μm | 355 μm |
| Amargo | 62,13 | 44,09 | 16,63 |
| Desamargado | 69,71 | 45,79 | 35,58 |
| Desamargado sin cáscara | 69,71 | 64,17 | 53,66 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Se observa el contenido de proteína (% m/m) en harina de chocho de la variedad INIAP 450 en función del rango de tamaño de partícula (tamices de 100, 200 y 355 μm) y del tipo de tratamiento del grano (amargo, desamargado y desamargado sin cáscara). Se observó una disminución progresiva del contenido de proteína a medida que aumenta el tamaño de partícula, siendo los mayores valores los obtenidos en el tamiz de 100 μm 69,71% y los menores en 355 μm 16,63% de proteína.

En la Tabla 19 se presenta los resultados del porcentaje de proteína en la harina de la variedad de chocho INIAP DB.

Tabla 19 Contenido de proteína (% m/m) en harina de variedad de chocho INIAP DB

| Variedades | INIAP DB | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 100 μm | 200 μm | 355 μm |
| Rango de los tamices | 100 μm | 200 μm | 355 μm |
| Amargo | 47,83 | 39,96 | 27,42 |
| Desamargado | 55,42 | 42,88 | 35,58 |
| Desamargado sin cáscara | 70,58 | 65,63 | 59,5 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados del contenido de proteína en harina de chocho de la variedad INIAP DB evidencian diferencias en función del tratamiento del grano (amargo, desamargado y desamargado sin cáscara) y del rango de tamaño de partícula (100, 200 y 355 μm). En general, se observó una disminución del contenido proteico a medida que aumentó el tamaño de partícula, siendo las fracciones más finas (100 μm) las que presentaron los valores más altos

(70,58%) y de (355 μ m) menores de (27,42%), evidenciando que la eliminación de la cáscara y la reducción del tamaño de partícula favorecen la concentración de proteína en la harina obtenida.

En ambas variedades de chocho, el contenido de proteína aumente progresivamente a medida que disminuye el tamaño de partícula. El tamiz de 355 μ m retuvo las fracciones más gruesas asociadas más bajos de proteínas, el de 200 μ m separó una fracción intermedia se incrementa moderadamente el contenido de proteína y el de 100 μ m concentró las partículas finas con mayor proporción relativa de proteína tanto en la variedad INIAP 450 como en INIAP DB.

El proceso de desamargado sin la cáscara mostró los niveles más elevados de proteína en todos los tamaños de partículas, resaltando la fracción de 100 μ m con porcentajes que superan el 69,71 % en INAP 450 y el 70,58 % en INAP DB. Esto demuestra que la remoción de la cáscara tiene un impacto considerable en la concentración de proteínas de la harina (Cheng et al., 2023).

2.16.4. Optimización de la formulación de la barra proteica con chocho INIAP 450, mediante un diseño experimental de mezclas IV óptimo

La Tabla 20 muestra la matriz experimental del diseño de mezclas aplicado a la formulación de la barra proteica elaborada con concentrado de chocho de la variedad INIAP 450, considerando un total de 13 corridas experimentales.

Tabla 20 Matriz experimental del diseño de mezclas para las formulaciones de la barra proteica con la variedad INIAP 450.

| Corridas | A: Chocho (% m/m) | B: Miel de abeja (% m/m) | C: Otros (% m/m) | Proteína (% m/m) | Dureza (N) |
|----------|----------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| 1 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 19,54 | 1,30 |
| 2 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 28,00 | 2,25 |
| 3 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 22,08 | 1,07 |
| 4 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 22,08 | 1,07 |
| 5 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 22,08 | 1,07 |
| 6 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 19,54 | 1,30 |
| 7 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 19,54 | 1,30 |
| 8 | 35,50 | 42,50 | 22,00 | 20,96 | 1,25 |
| 9 | 38,50 | 39,50 | 22,00 | 27,67 | 1,78 |
| 10 | 36,00 | 42,00 | 22,00 | 22,01 | 1,06 |
| 11 | 38,00 | 40,00 | 22,00 | 26,46 | 1,06 |
| 12 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 28,00 | 2,25 |
| 13 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 28,00 | 2,25 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados evidencian que el contenido de proteína de las barras elaboradas con INIAP 450 varió entre 19,54 % y 28,00 %, con valores más altos asociados a mayores proporciones de

concentrado de chocho. Se observó una relación directa entre el incremento del concentrado y el aumento del contenido final de proteína en la barra, lo cual confirma que el concentrado de chocho constituye el principal aporte proteico del sistema (Cañarte Toala & Farías García, 2025; Curti et al., 2022).

Por el contrario, las formulaciones con mayor proporción de miel de abeja presentaron valores proteicos menores, debido al efecto de dilución del componente proteico, dada que la miel actúa principalmente como agente aglutinante y fuente de energía, pero no contribuye significativamente el contenido proteico (Ranneh et al., 2021).

La dureza de las barras elaboradas con INIAP 450 osciló entre 1,06 y 2,25 N, evidenciando variaciones entre diferentes corridas experimentales. Este comportamiento indica que la textura del producto está influenciada por la proporción relativa de los componentes de mezcla, debido al balance entre el concentrado de chocho y la miel de abeja, los cuales afectan la estructura y cohesión de la matriz del producto (Kigozi et al., 2024).

En la Tabla 21 se presenta la significancia del análisis de varianza (ANOVA) correspondiente a los modelos codificados obtenidos mediante un diseño experimental de mezclas generado en el software Design-Expert, para el contenido de proteínas (% m/m) y la dureza (N) de las formulaciones de barras proteicas elaboradas con chocho INIAP 450.

Tabla 21 Modelo codificado del contenido de proteína (% m/m) y de la dureza (N) de las formulaciones de barra proteica elaboradas con la variedad INIAP 450.

| Indicador | Proteína (% m/m) | Dureza (N) |
|-------------------------|---------------------|---------------|
| A | 28,38* | 2,25* |
| B | 19,39* | 1,33* |
| AB | -2,92 | -2,71 |
| R ² | 0,923 | 0,931 |
| R ² ajustado | 0,899 | 0,917 |
| F modelo | 60,29* | 67,21* |
| F falta de ajuste | 2,85 | 0,05 |

A: concentrado chocho

B: miel de abeja

*Valor significativo para $p \leq 0,001$

El análisis de varianza indicó que los términos lineales correspondientes al concentrado de chocho (A) y a la miel de abeja (B) fueron altamente significativos ($p \leq 0,001$) para ambas variables respuesta proteína y dureza. Los coeficientes de determinación (R^2 0,923 y 0,931) y coeficientes de determinación ajustado (0,899 y 0,917) indica buen ajuste del modelo a los datos. Por el contrario, el término de interacción AB no presenta significancia estadística ($p >$

0,001), lo que sugiere que los efectos de ambos componentes sobre el contenido proteico y la dureza actúan de manera predominante independiente dentro del rango evaluado.

Los valores elevados del estadístico F del modelo confirman la significancia global de los modelos desarrollados. Por otro lado, los valores de F de falta de ajuste no resultaron significativos ($p > 0,001$), lo que indica que no existen desviaciones sistemáticas entre los valores experimentales y los valores predichos por el modelo, validando su adecuación para describir el comportamiento del sistema de mezclas.

La Tabla 22 representa los porcentajes de la mejor optimización de la variedad del chocho Andino (INIAP).

Tabla 22 Solución óptima de la formulación y respuesta de proteína, dureza y deseabilidad

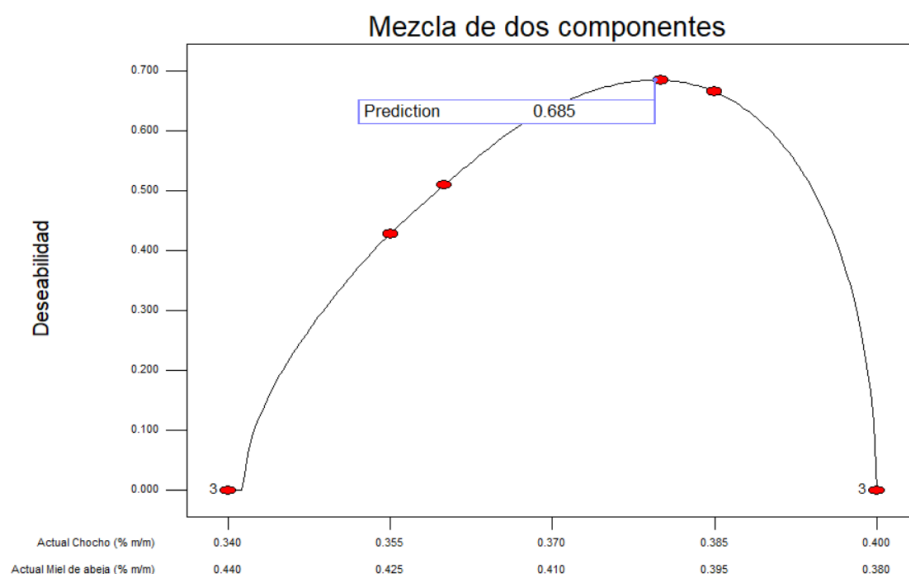
| Solución | A: Chocho (% m/m) | B: Miel de abeja (% m/m) | C: Otros (% m/m) | Proteína (% m/m) | Dureza (N) | Deseabilidad |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 28,38 | 1,33 | 0,685 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

A partir del análisis de optimización, se identificó una formulación óptima para la barra proteica con la variedad INIAP 450, correspondiente a 40 % m/m de concentrado de chocho, 38% de miel de abeja y 22% de otros ingredientes. Esta formulación permitió alcanzar un contenido de 28,38% de proteína y 1.33 N de dureza, con una deseabilidad global de 0,685, reflejando un balance adecuado entre las variables respuestas evaluadas.

La Figura 12 muestra la gráfica de optimización de la deseabilidad obtenida para la mezcla de dos componentes principales, chocho y miel de abeja, dentro del proceso de formulación del producto.

Figura 12 Gráfica de optimización de la deseabilidad para la mezcla de dos componentes



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Las superficies de respuesta del diseño de mezclas en el eje vertical se representa el índice de deseabilidad, mientras que en el eje horizontal se observa la proporción de chocho y miel de abeja expresada en porcentaje en masa. La curva evidencia un comportamiento no lineal, donde la deseabilidad aumenta progresivamente hasta alcanzar un valor máximo cercano a 0,685, correspondiente a una formulación aproximada de 40 % de chocho y 38 % de miel de abeja, lo cual coincide con la solución óptima reportada en la tabla 21. Este punto indica el mejor compromiso entre las variables de respuesta evaluadas (contenido de proteína y dureza), confirmando la validez del modelo de optimización aplicado.

2.16.5. Optimización de la formulación de la barra proteica con chocho INIAP DB, mediante un diseño experimental de mezclas IV óptimo

En la Tabla 23 se muestran los datos obtenidos de las barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho INIAP DB, correspondientes a las 13 corridas del diseño de mezclas.

Tabla 23 Matriz experimental del diseño de mezclas para las formulaciones de la barra proteica con la variedad INIAP DB

| Corridas | A: Chocho (% m/m) | B: Miel de abeja (% m/m) | C: Otros (% m/m) | Proteína (% m/m) | Dureza (N) |
|----------|-------------------|--------------------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 23,21 | 1,23 |
| 2 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 26,83 | 1,73 |
| 3 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 24,38 | 1,02 |
| 4 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 24,38 | 1,02 |
| 5 | 37,00 | 41,00 | 22,00 | 24,38 | 1,02 |
| 6 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 23,21 | 1,23 |

| | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|------|
| 7 | 34,00 | 44,00 | 22,00 | 23,21 | 1,23 |
| 8 | 35,50 | 42,50 | 22,00 | 22,65 | 1,26 |
| 9 | 38,50 | 39,50 | 22,00 | 25,23 | 2,63 |
| 10 | 36,00 | 42,00 | 22,00 | 23,12 | 1,14 |
| 11 | 38,00 | 40,00 | 22,00 | 25,89 | 1,94 |
| 12 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 26,83 | 1,73 |
| 13 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 26,83 | 1,73 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

En los resultados evidencian que el contenido de proteína en las barras formuladas con la variedad INIAP DB, varió entre 22,65 % y 26,83 %. Este rango de variación fue más estrecha a diferencia de INIAP 450, lo que sugiere una mayor estabilidad composicional del concentrado de INIAP DB dentro del dominio experimental evaluado

La dureza de las barras elaboradas con esta variedad osciló entre 1,02 y 2,63 N, mostrando valores superiores con la INIAP 450. Este comportamiento puede atribuirse a diferencias en la composición del concentrado de chocho, particularmente en la fracción de almidón y grasa residual, que influyen en la estructura del producto final (Jacquet et al., 2025).

En la Tabla 24 se muestra la significancia del análisis de varianza (ANOVA) de los modelos codificados, obtenidos a partir de un diseño experimental de mezclas desarrollado en el software Design-Expert, para evaluar el contenido de proteínas (% m/m) y la dureza (N) de las formulaciones de barras proteicas elaboradas con chocho de la variedad INIAP DB.

Tabla 24 Modelo codificado del contenido de proteína (% m/m) y de la dureza (N) de las formulaciones de barra proteica elaboradas con la variedad INIAP DB.

| Indicador | Proteína (% m/m) | Dureza (N) |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| A | 26,82* | 1,73* |
| B | 23,21* | 1,23* |
| AB | -2,21* | -1,80* |
| AB (A-B) | 6,61* | 5,31* |
| AB (A-B) ² | -15,01* | 23,27* |
| R ² | 0,984 | 0,992 |
| R ² ajustado | 0,976 | 0,988 |
| F modelo | 120,86* | 244,00* |
| F falta de ajuste | 7,06 | 0,01 |

A: chocho

B: miel de abeja

*Valor significativo para $p \leq 0,001$

El análisis estadístico mostró que los términos lineales asociados al concentrado de chocho (A) y a la miel de abeja (B) resulta estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$) para la variable proteína y dureza. Las dos variables respuestas se adaptaron a modelos matemáticos cuadráticos. Este resultado indica mayor sensibilidad del sistema de mezclas frente a

variaciones en la proporción de los componentes, en comparación con lo observado para la variedad INIAP 450.

Los valores de coeficiente de determinación (R^2) fueron superiores a 0,98, mientras los valores de R^2 ajustado se mantuvieron cercanos a R^2 , lo que confirma un excelente ajuste del modelo y una elevada capacidad predictiva. Asimismo, los valores del estadístico F del modelo fueron altamente significativos, validando la robustez de los modelos obtenidos.

La Tabla 25 representa los porcentajes de la mejor optimización de la variedad del chocho Andino (INIAP).

Tabla 25 Solución óptima de la formulación y respuestas de proteína, dureza y deseabilidad

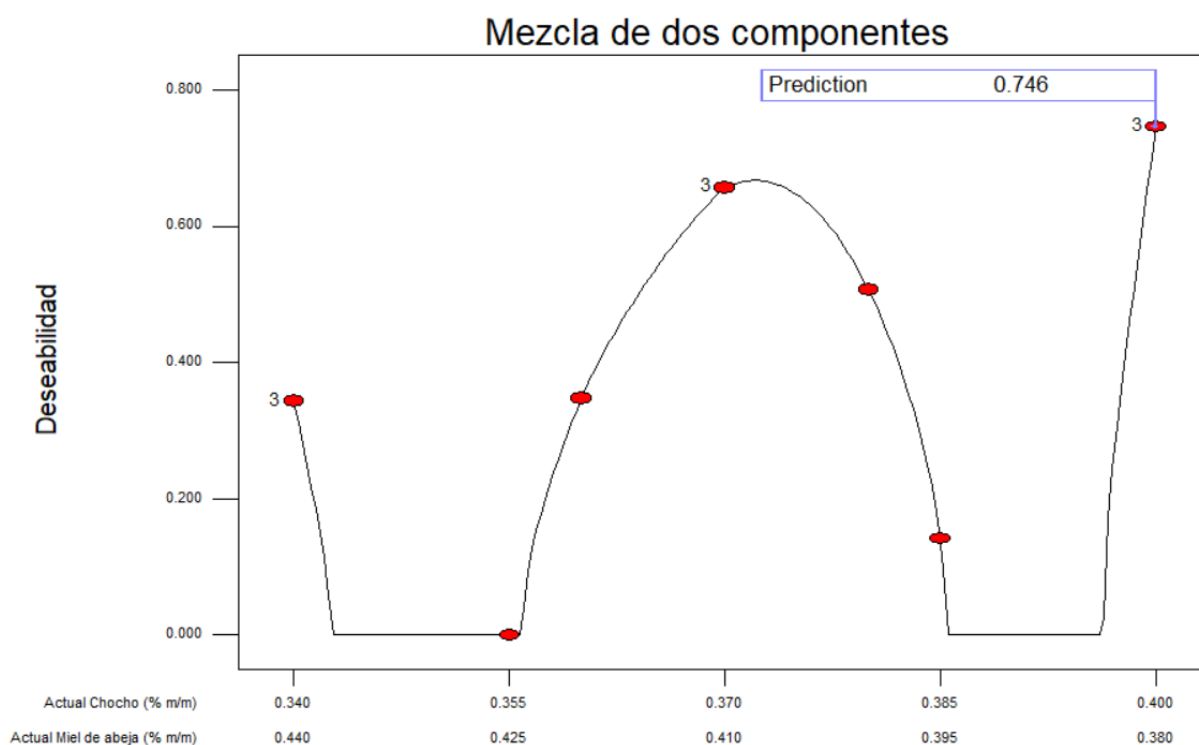
| Solución | A: Chocho (% m/m) | B: Miel de abeja (% m/m) | C: Otros (% m/m) | Proteína (% m/m) | Dureza (N) | Deseabilidad |
|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 40,00 | 38,00 | 22,00 | 26,82 | 1,73 | 0,746 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

A partir del proceso de optimización, se identificó la formulación óptima para la barra proteica con la variedad INIAP DB, compuesto por 40% de concentrado de chocho, 38% de miel de abeja y 22% de otros ingredientes. Esta formulación permitió alcanzar un contenido de 26.82% de proteína y una dureza 1.73 N con un valor de deseabilidad global de 0,746, lo que evidencia un balance adecuado entre las variables respuesta evaluadas.

La Figura 13 presenta la gráfica de optimización de la deseabilidad para la mezcla de dos componentes principales, chocho y miel de abeja, evaluada dentro del proceso de formulación del producto.

Figura 13 Gráfica de optimización de la deseabilidad para la mezcla de dos componentes



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Las superficies de respuesta del diseño de mezclas en el eje vertical se representa el índice de deseabilidad, mientras que en el eje horizontal se muestran las proporciones de chocho y miel de abeja expresadas en porcentaje en masa. La curva obtenida evidencia un comportamiento no lineal, alcanzando un valor máximo de deseabilidad de 0,746, correspondiente a una formulación óptima aproximada de 40 % de chocho y 38 % de miel de abeja, lo cual concuerda con los resultados reportados en la tabla 24. Este punto óptimo refleja el mejor equilibrio entre las variables de respuesta consideradas, principalmente el contenido de proteína (26,82 %) y la dureza (1,73 N), validando así la adecuación del modelo de optimización aplicado.

Las barras proteicas formuladas con la variedad INIAP DB presentan contenidos de proteína superiores al 25%, valores comparables con los reportados para las barras proteicas comerciales origen vegetal (Tormási et al., 2025). El incremento en la proporción del concentrado se asoció tanto con un aumento del contenido de proteína como con un incremento de la dureza del producto, comportamiento que ha sido ampliamente descrito en barras proteicas vegetales, donde una mayor fracción proteica favorece la formulación de una matriz rígida debido a interacciones proteína-proteína (Małeckí et al., 2020). Resultados similares fueron reportados por You et al. (2024), quienes demostraron que la fuente proteica influye significativamente en la textura y dureza de barras proteicas formuladas con fuentes alternativas.

Mediante la optimización se logró obtener formulaciones con 40 % de concentrado de chocho, 38 % de miel y 22 % de otros ingredientes (maní, coco deshidratado, almidón de camote y aromas), alcanzando contenidos proteicos de 28,00 % (INIAP 450) y 26,83 % (INIAP DB) en base seca. Estos valores son competitivos frente a barras proteicas vegetales comerciales, que típicamente oscilan entre 20 y 30 % de proteína (AlJaloudi et al., 2024; Małecki et al., 2020).

2.16.6. Composición química proximal de las barras proteicas de chocho

Los análisis proximales de las barras proteicas se realizaron únicamente en siete corridas experimentales, correspondientes a los puntos intermedios y a las repeticiones del diseño experimental de mezclas, debido a que estas formulaciones representan condiciones centrales y estadísticamente más estables dentro del espacio experimental.

En la Tabla 26 se presentan los resultados del análisis proximal de las barras proteicas elaboradas con variedades INIAP 450.

Tabla 26. Análisis proximales prueba de Tukey al 5 % para las características de las barras INIAP 450.

| | | INIAP 450 | | | | | | |
|-------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Corridas | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Chocho | (% m/m) | 34 | 35,5 | 36 | 37 | 38 | 38,5 | 40 |
| Miel de abeja | (% m/m) | 44 | 42,5 | 42 | 41 | 40 | 39,5 | 38 |
| Otros | (% m/m) | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Fibra | (% m/m) | 7.35 ^d | 7.90 ^f | 5.85 ^b | 8.15 ^g | 7.20 ^c | 4.75 ^a | 7.45 ^e |
| Grasa | (% m/m) | 15.30 ^c | 14.65 ^a | 15.00 ^b | 15.55 ^d | 15.8 ^e | 16.20 ^f | 15.3 ^c |
| Humedad | (% m/m) | 9.95 ^b | 12.50 ^f | 11.85 ^e | 11.9 ^e | 8.6 ^a | 11.55 ^d | 10.4 ^c |
| Ceniza | (% m/m) | 0.90 ^a | 1.10 ^d | 1.05 ^c | 1.05 ^c | 1.10 ^d | 1.10 ^d | 1.00 |
| Almidón | (% m/m) | 21.80 ^d | 10.30 ^a | 15.73 ^c | 26.91 ^g | 14.57 ^b | 25.08 ^f | 22.70 ^e |
| Azúcar | (% m/m) | 2.91 ^e | 2.63 ^a | 2.67 ^b | 2.74 ^d | 2.75 ^d | 2.70 ^c | 2.66 ^b |
| Actividad de agua | (% m/m) | 0.697 ^b | 0.725 ^d | 0.732 ^e | 0.725 ^d | 0.667 ^a | 0.713 ^c | 0.699 ^b |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados del análisis proximal de las barras elaboradas con chocho INIAP 450, donde se evidencian diferencias entre combinaciones según la prueba de Tukey (5%). El contenido de fibra varió entre (7,20 - 8,15%), mientras que la grasa entre (14,65 - 16,21%), observándose los valores más altos en las combinaciones con mayor proporción de chocho. La humedad presentó variaciones entre (8,60 - 12,50%), lo que se reflejó en cambios en la actividad de agua (0,667-0,732). Asimismo, el contenido de almidón mostró diferencias notables (10,3-26,91%),

asociado a la proporción de miel de abeja y otros componentes, mientras que el azúcar se mantuvo en un rango estrecho (2,63-2,91%).

En la Tabla 27 se presentan los valores del coeficiente de variación (CV) y del nivel de significancia estadística (valor p) correspondientes a los principales análisis proximales evaluadas de las barras proteicas INIAP 450.

Tabla 27 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características

| Característica | CV (%) | Valor p |
|-------------------|--------|-----------|
| Fibra | 0,14 | <0,001** |
| Grasa | 0,06 | <0,001** |
| Humedad | 0,37 | <0,0001** |
| Almidón | 0,05 | <0,0001** |
| Ceniza | 0,94 | <0,0001** |
| Azúcar | 0,36 | <0,0001** |
| Actividad de agua | 0,17 | <0,0001** |

**Valor significativo para $p \leq 0,05$.

CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 28 se presentan los resultados del análisis proximal de las barras proteicas elaboradas con variedades INIAP DB.

Tabla 28 Análisis proximales prueba de Tukey al 5 % para las características de las barras INIAP DB.

| | | INIAP DB | | | | | | |
|-------------------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Corridas | | | | | | | | |
| Chocho | (% m/m) | 34 | 35,5 | 36 | 37 | 38 | 38,5 | 40 |
| Miel de abeja | (% m/m) | 44 | 42,5 | 42 | 41 | 40 | 39,5 | 38 |
| Otros | (% m/m) | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Fibra | (% m/m) | 5,45 ^e | 4,25 ^b | 5,80 ^f | 4,20 ^a | 4,35 ^c | 6,10 ^g | 4,80 ^d |
| Grasa | (% m/m) | 15,85 ^c | 15,00 ^a | 15,40 ^b | 16,25 ^d | 16,70 ^f | 16,45 ^e | 17,30 ^g |
| Humedad | (% m/m) | 11,50 ^e | 12,10 ^f | 15,10 ^g | 9,75 ^c | 6,05 ^a | 10,25 ^d | 8,25 ^b |
| Ceniza | (% m/m) | 1,05 ^c | 1,05 ^c | 0,70 ^a | 0,95 ^b | 1,20 ^{d,e} | 1,25 ^e | 1,15 ^d |
| Almidón | (% m/m) | 13,55 ^a | 21,19 ^e | 20,84 ^d | 15,79 ^c | 24,12 ^g | 14,66 ^b | 22,26 ^f |
| Azúcar | (% m/m) | 3,19 ^f | 2,72 ^c | 3,02 ^e | 2,74 ^d | 2,66 ^a | 2,69 ^b | 2,71 ^c |
| Actividad de agua | (% m/m) | 0,722 ^e | 0,688 ^d | 0,689 ^d | 0,648 ^a | 0,655 ^b | 0,647 ^a | 0,663 ^d |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados del análisis proximal de las barras elaboradas con chocho INIAP DB, evidenciándose diferencias entre las combinaciones evaluadas de acuerdo con la prueba de Tukey (5%). El contenido de fibra entre (4,20 - 6,10%), mientras que la grasa varió de (15,00

a 17,30%), registrándose los valores más altos en las combinaciones con mayor proporción de chocho. La humedad presentó un rango de (6,05 a 12,10%), mientras que las cenizas variaron entre (0,70 - 1,25%). Lo que se reflejó en la actividad de agua (0,647–0,722), observándose una relación directa entre ambos parámetros. Asimismo, el contenido de almidón mostró variaciones importantes entre formulaciones (13,55–24,12%), asociadas a la proporción de miel de abeja y otros ingredientes. El contenido de azúcar se mantuvo en un rango relativamente estrecho (2,66–3,19%),

En la Tabla 29 se presentan los valores del coeficiente de variación (CV) y del nivel de significancia estadística (valor p) correspondientes a los principales análisis proximales evaluadas de las barras proteicas INIAP DB.

Tabla 29 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características

| Característica | CV (%) | Valor p |
|-----------------------|---------------|----------------|
| Fibra | 0,20 | <0,0001** |
| Grasa | 0,06 | <0,001** |
| Humedad | 0,10 | <0,0001** |
| Almidón | 0,14 | <0,0001** |
| Ceniza | 3,71 | <0,0001** |
| Azúcar | 0,34 | <0,0001** |
| Actividad de agua | 0,14 | <0,0001** |

**Valor significativo para $p \leq 0,05$.

CV: Coeficiente de variación.

Medias con una letra igual no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Las letras representan un orden alfabético creciente de los valores

En el análisis proximal de las barras proteicas elaboradas con las variedades de chocho INIAP 450 e INIAP DB, se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre formulaciones y variedades para todos los parámetros evaluados, lo que confirma la influencia de las proporciones de concentrado de chocho y miel de abeja sobre la composición final del producto. El análisis estadístico (ANOVA y Tukey, $\alpha = 0,05$), se comprobó que la concentración de proteína de las dos variedades de chocho influyó significativamente en las propiedades proximales, de las barras proteicas. En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Las barras elaboradas con la variedad INIAP 450 presentan un mayor contenido de fibra alcanzando valores máximos de 8,15 % m/m, lo cual puede atribuirse a la composición del

concentrado de esta variedad y un mayor rendimiento de fracciones fibrosas. En otros estudios donde se elaboraron barras enriquecidas con frutas secas u otras semillas, la fibra suele superar el 7%, mejorando la retención de agua y la textura del producto (AlJaloudi et al., 2024). Por su parte, las barras formuladas con INIAP DB mostraron mayor contenido de grasa, con valores máximos de 17,3% m/m, lo que sugiere que tiene una mayor presencia de fracciones lipídicas y amiláceas residuales en el concentrado de esta variedad, lo que influye directamente en la estructura y firmeza del producto final. El contenido de humedad de las dos barras proteicas se mantuvo mayoritariamente entre 8 y 12 % m/m, dependiendo de la formulación, rango considerado adecuado para productos proteicos de este tipo y compatible con una adecuada estabilidad durante el almacenamiento. El parámetro de ceniza se mantuvo cercano a 1,10 % m/m, reflejando un aporte mineral moderado y estable entre formulaciones, sin comprometer la calidad nutricional ni tecnológica del producto. Resultados similares han sido descritos en barras proteicas formuladas con leguminosas, donde el almidón contribuye a una matriz más compacta y estable (Małeckı et al., 2020; Rehman et al., 2020).

En la evaluación comparativa mostraron un contenido de almidón superior, alcanzando valores de hasta 22,26 % m/m, en relación con productos similares desarrollados a partir de otras fuentes oficiales (Rehman et al., 2020). Una perspectiva tecnológica, al mayor contenido de almidón favoreció la cohesión estructural y la textura del producto final. Los contenidos de azúcares presentaron en la variedad INIAP DB valores máximos de 3,19% m/m variaciones moderadas atribuibles principalmente al uso de miel de abeja como agente aglutinante y fuente de energía, en concordancia con lo reportado para barras proteicas vegetales elaboradas con ingredientes similares (AlJaloudi et al., 2024; Barrios, 2020). Asimismo, la actividad de agua (a_w) se mantuvo por debajo de 0,70 en todas las muestras, condición que favorece la estabilidad microbiológica y fisicoquímica del producto al limitar el crecimiento microbiano y las reacciones de deterioro (Szydłowska et al., 2020; Trzaskowska et al., 2022).

2.16.7. Caracterización de análisis físicos de las barras proteicas

Los análisis de textura de las barras proteicas se efectuaron en siete tratamientos experimentales, correspondientes a los puntos centrales y a las corridas repetidas del diseño de mezclas, ya que estas formulaciones representan condiciones medias del sistema y presentan mayor estabilidad estadística dentro del espacio experimental evaluado.

En la Tabla 30 presenta los parámetros de la textura instrumental obtenidos mediante Texture Profile Analysis (TPA) para las formulaciones representativas de las barras proteicas de las variedades INIAP 450.

Tabla 30. Parámetros de textura instrumental (TPA) de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho (variedades INIAP 450) en corridas representativas del diseño de mezclas.

| | INIAP 450 | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Corridas | | | | | | | |
| Chocho (% m/m) | 34 | 35,5 | 36 | 37 | 38 | 38,5 | 40 |
| Miel de abeja (% m/m) | 44 | 42,5 | 42 | 41 | 40 | 39,5 | 38 |
| Otros (% m/m) | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Fracturabilidad (N) | 1,296 ^b | 1,245 ^b | 1,059 ^a | 1,069 ^a | 1,058 ^a | 2,100 ^c | 2,247 ^d |
| Elasticidad (N) | 0,065 | 0,109 | 0,121 | 0,036 | 1,00 | 0,034 | 0,032 |
| Gomosidad (N) | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 1,057 ^b | 0,000 ^a | 0,000 ^a |
| Masticabilidad (N) | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 1,057 ^b | 0,001 ^a | 0,000 ^a |
| Resiliencia (N) | 0,029 ^e | 0,073 ^g | 0,020 ^d | 0,034 ^f | 0,000 ^a | 0,008 ^c | 0,005 ^b |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los parámetros de textura instrumental (TPA) de las barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho INIAP 450, donde se evidencian diferencias entre las combinaciones evaluadas. La fracturabilidad presentó valores entre 1,059 y 2,247 N, observándose los mayores valores en las formulaciones con mayor proporción de chocho. La elasticidad varió entre 0,032 y 0,121, reflejando cambios en la capacidad de recuperación del material según la formulación. En cuanto a la gomosidad y la masticabilidad, la mayoría de combinaciones presentaron valores cercanos a cero, con excepción de una formulación que registró valores superiores. La resiliencia mostró variaciones entre tratamientos (0,000–0,073), evidenciando diferencias en la capacidad del producto para recuperar su forma tras la compresión.

En la Tabla 31 se presentan los valores del coeficiente de variación (CV) y del nivel de significancia estadística (valor p) correspondientes a los principales análisis físicos evaluadas de las barras proteicas INIAP 450.

Tabla 31 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características

| Característica | CV (%) | Valor p |
|-----------------|--------|-----------|
| Fracturabilidad | 5,10 | <0,001** |
| Elasticidad | 0,59 | <0,0001** |
| Gomosidad | 0,37 | <0,0001** |
| Masticabilidad | 0,26 | <0,0001** |

| | | |
|------------|------|-----------|
| Resilencia | 3,72 | <0,0001** |
|------------|------|-----------|

**Valor significativo para $p \leq 0,05$.

CV: Coeficiente de variación.

En la Tabla 32 presenta los parámetros de la textura instrumental obtenidos mediante Texture Profile Analysis (TPA) para las formulaciones representativas de las barras proteicas de las variedades INIAP DB.

Tabla 32 Parámetros de textura instrumental (TPA) de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho (variedades INIAP DB) en corridas representativas del diseño de mezclas.

| | INIAP DB | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Corridas | | | | | | | |
| Chocho (% m/m) | 34 | 35,5 | 36 | 37 | 38 | 38,5 | 40 |
| Miel de abeja (% m/m) | 44 | 42,5 | 42 | 41 | 40 | 39,5 | 38 |
| Otros (% m/m) | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| Fracturabilidad (N) | 1,233 ^c | 1,265 ^d | 1,138 ^b | 1,022 ^a | 1,943 ^g | 1,668 ^e | 2,247 ^d |
| Elasticidad (N) | 0,053 ^c | 0,043 ^a | 0,157 ^d | 0,519 ^e | 1,000 ^f | 0,046 ^b | 0,032 |
| Gomosidad (N) | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,521 ^b | 1,943 ^d | 0,001 ^a | 0,000 ^a |
| Masticabilidad (N) | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,000 ^a | 0,521 ^b | 1,943 ^d | 0,000 ^a | 0,000 ^a |
| Resilencia (N) | 0,057 ^g | 0,025 ^d | 0,020 ^c | 0,040 ^e | 0,053 ^f | 0,011 ^b | 0,005 ^b |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los parámetros de textura instrumental (TPA) de las barras elaboradas con concentrado de chocho INIAP DB evidenciaron diferencias entre las combinaciones evaluadas. La fracturabilidad varió entre 1,022 y 1,943, observándose valores más altos en las formulaciones con mayor proporción de chocho. La elasticidad presentó un rango de variación 0,043 y 1,000, lo que indica cambios en la capacidad de recuperación de la estructura del producto según la formulación. En cuanto a la gomosidad y la masticabilidad, se registraron valores cercanos a cero en la mayoría de tratamientos, aunque determinadas combinaciones presentaron incrementos notorios. La resiliencia también mostró variaciones entre tratamientos (0,000-0,057), evidenciando diferencias en la capacidad de las barras para recuperar su forma tras la compresión

En la Tabla 33 se presentan los valores del coeficiente de variación (CV) y del nivel de significancia estadística (valor p) correspondientes a los principales análisis físicos evaluadas de las barras proteicas INIAP DB.

Tabla 33 Análisis de varianza de los tratamientos en función a las características

| Característica | CV (%) | Valor p |
|-----------------------|---------------|----------------|
| Fracturabilidad | 0,07 | <0,001** |
| Elasticidad | 0,25 | <0,0001** |
| Gomosidad | 0,12 | <0,0001** |
| Masticabilidad | 0,11 | <0,0001** |
| Resiliencia | 3,15 | <0,0001** |

**Valor significativo para $p \leq 0,05$.

CV: Coeficiente de variación.

Los análisis de textura instrumental evidenciaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre formulaciones y entre variedades para la mayoría de los parámetros evaluados. En general, las barras elaboradas con la variedad INIAP DB presentaron mayores valores de fracturabilidad, gomosisidad y masticabilidad, lo que indica una estructura más firme, compacta y resistente a la deformación. El análisis estadístico (ANOVA y Tukey, $\alpha = 0,05$), se comprobó que la concentración de proteína de las dos variedades de chocho influyó significativamente en las propiedades físicas (textura), de las barras proteicas. En consecuencia, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Los parámetros de elasticidad y resiliencia presentaron variaciones entre corridas, sin mostrar una tendencia uniforme, lo que sugiere que estos atributos están influenciados no solo por la variedad de chocho, sino también por la interacción entre los componentes de la mezcla y el grado de compactación de la barra (Movaghar et al., 2025). Este comportamiento es característico de barras con alto contenido de proteína vegetal, especialmente cuando no se incorporan hidrocoloides o lípidos en proporciones suficientes para favorecer la formación de una matriz continua (AlJaloudi et al., 2024).

En conjunto, estos resultados confirman que la variedad de chocho y la proporción del concentrado influyen de manera determinante en las propiedades físicas de las barras proteicas. Este comportamiento es consistente con lo descrito por Sparkman y Joyner (2019), quienes señalaron un incremento del contenido proteico y de almidón incrementa la dureza y masticabilidad en barras de alta proteína.

2.16.8. Evaluación sensorial de las barras proteicas

En la Tabla 34 se presentan los promedios aritméticos de los resultados del análisis sensorial, obtenidos a partir de la evaluación realizada por 10 panelistas entrenados.

Tabla 34. Resultados promedio del análisis sensorial de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho de las variedades INIA 450 en un diseño de mezclas.

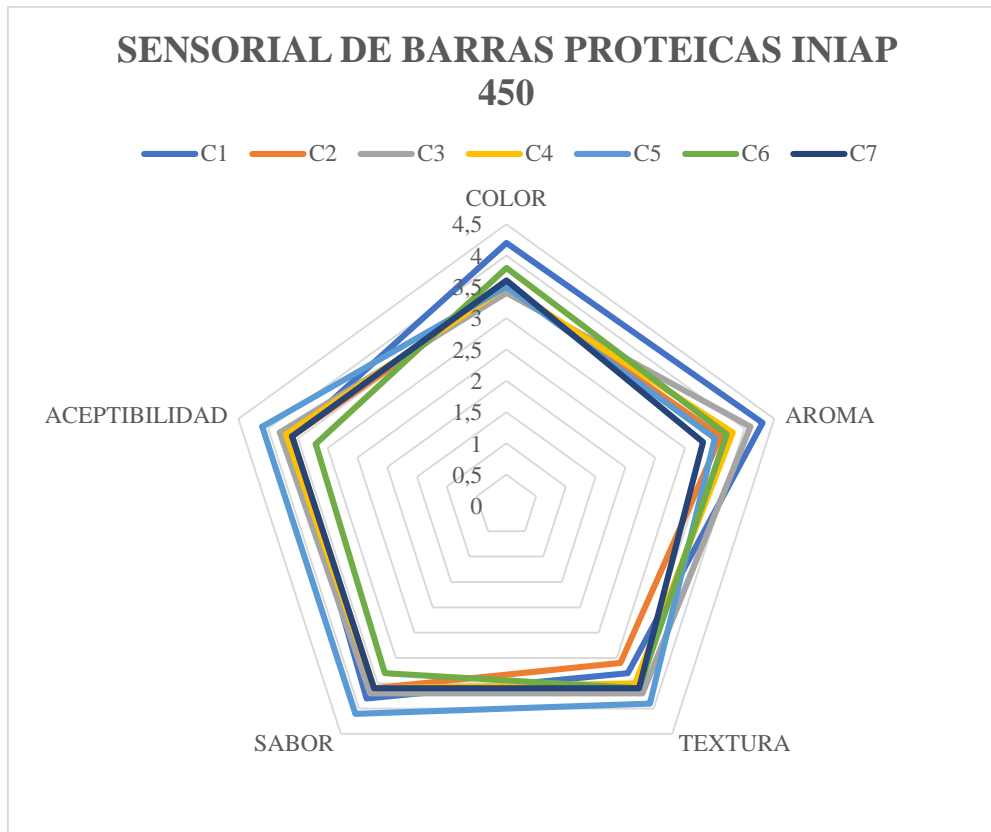
| Variedad | INIAP 450 | | | | | | |
|---------------|-----------|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Corridas | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| COLOR | 4,2 | 3,5 | 3,4 | 4 | 3,5 | 3,8 | 3,6 |
| AROMA | 4,3 | 3,6 | 4,1 | 4 | 3,5 | 3,7 | 3,3 |
| TEXTURA | 3,3 | 3,1 | 3,7 | 4 | 3,9 | 3,6 | 3,6 |
| SABOR | 3,8 | 3,6 | 3,7 | 4 | 4,1 | 3,3 | 3,6 |
| ACEPTABILIDAD | 3,6 | 3,6 | 3,8 | 4 | 4,1 | 3,2 | 3,6 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados de la evaluación sensorial evidenciaron que todas las formulaciones presentaron puntuaciones superiores al punto medio de la escala hedónica, lo que indica una aceptabilidad sensorial general favorable para ambas variedades de chocho.

Las puntuaciones medias para todos los atributos se mantuvieron por encima de puntos neutrales (3,1 y 4,1) en la mayoría de las formulaciones y variedades. La Figura 14 representa el perfil sensorial de las barras elaboradas con concentrado de la variedad INIAP 450, mostrando puntuaciones medias por atributo en las corridas evaluados. Mostrando, que los atributos como aroma, sabor y textura evidencia valores consistentes y homogéneas, sin rechazos evidentes.

Figura 14 Ilusión radical de los datos sensoriales INIAP 450



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

En la Tabla 35 se presentan los promedios aritméticos de los resultados del análisis sensorial, obtenidos a partir de la evaluación realizada por 10 panelistas entrenados.

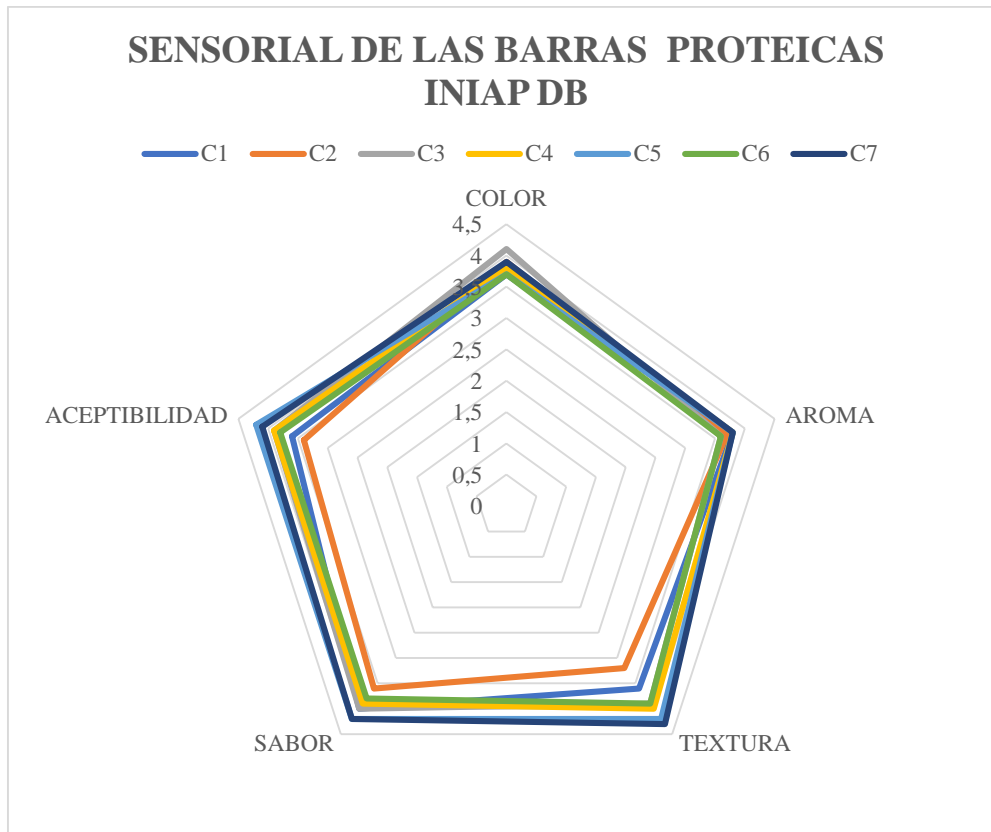
Tabla 35 Resultados promedio del análisis sensorial de barras proteicas elaboradas con concentrado de chocho de las variedades INIA DB en un diseño de mezclas.

| Variedad | INIAP DB | | | | | | |
|---------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 |
| Corridas | | | | | | | |
| COLOR | 3,7 | 3,9 | 4,1 | 3,8 | 3,7 | 3,7 | 3,9 |
| AROMA | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 3,8 | 3,8 | 3,6 | 3,8 |
| TEXTURA | 3,6 | 3,2 | 3,9 | 4 | 4,2 | 3,9 | 4,3 |
| SABOR | 4 | 3,6 | 4 | 3,9 | 4,2 | 3,8 | 4,2 |
| ACEPTABILIDAD | 3,6 | 3,4 | 3,9 | 3,9 | 4,2 | 3,8 | 4,1 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Por su parte, las barras formuladas con la variedad INIAP DB (Figura 15), obtuvieron puntuaciones ligeramente superiores en los atributos de textura, sabor y aceptabilidad global, alcanzando valores máximos de 4,3. Este comportamiento concuerda con los resultados del análisis físico instrumental, donde esta variedad presentó una estructura más firme y compacta, características generalmente asociadas a una percepción sensorial positiva en barras proteicas.

Figura 15 Ilusión radical de los datos sensoriales INIAP DB



Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

En general, las puntuaciones medias oscilaron entre 3,1 y 4,3 en la escala hedónica de 5 puntos. Las barras elaboradas con INIAP DB obtuvieron puntuaciones ligeramente superiores en textura, sabor y aceptabilidad general, mientras que INIAP 450 destacó en el atributo color. Los valores medio-altos en la escala hedónica reflejan un adecuado equilibrio sensorial.

Estos resultados coinciden con lo señalado por quien indica que puntuaciones superiores a la media de la escala respaldan la aceptación sensorial de productos enriquecidos con proteína (You et al., 2024). La ligera preferencia por las barras elaboradas con INIAP DB destacan con los reportes de la textura y el sabor como los principales del consumidor en este tipo de productos (Gunyaphan et al., 2020; Saravanan et al., 2026).

2.16.9. Evaluación de vida útil de las barras proteicas

2.16.9.1. Actividad de agua

La Tabla 36 presenta los valores de actividad de agua (a_w) de las barras proteicas, determinados durante el almacenamiento bajo dos condiciones: condiciones normales a 25 °C por un periodo de 12 días, con evaluaciones cada 3 días, y condiciones aceleradas a 35 °C durante 8 días, con muestreos realizados cada 2 días.

Tabla 36. Evolución de la actividad de agua (a_w) de las barras proteicas durante el almacenamiento.

| ACTIVIDAD DE AGUA | | | | | |
|-------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| NORMAL | | | ACELERADO | | |
| Tiempo | INIAP 450 | INIAP DB | Tiempo | INIAP 450 | INIAP DB |
| 0 | 0,618 | 0,544 | 0 | 0,618 | 0,544 |
| 3 | 0,620 | 0,563 | 2 | 0,730 | 0,739 |
| 6 | 0,630 | 0,694 | 4 | 0,775 | 0,760 |
| 9 | 0,670 | 0,717 | 6 | 0,931 | 0,934 |
| 12 | 0,716 | 0,765 | 8 | 0,967 | 0,948 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados evidenciaron un incremento progresivo de la a_w en ambas variedades a lo largo del tiempo de almacenamiento. Bajo condiciones normales, los valores de a_w se mantuvieron inicialmente por debajo de 0,70, rango característico de alimentos de humedad intermedia, alcanzando valores de hasta 0,716 para INIAP 450 y 0,765 para INIAP DB al día 12 (Ciurzyńska et al., 2025).

En contraste, bajo condiciones aceleradas (35 °C), el aumento de la a_w fue más pronunciado, alcanzando valores cercanos a 0,970 a partir del día 8 de almacenamiento. Este comportamiento indica una mayor susceptibilidad al deterioro cuando el producto es sometido a temperaturas elevadas, favoreciendo la migración de humedad y reduciendo la estabilidad del sistema (Karwacka et al., 2024).

La a_w es un factor crítico en la determinación de la vida útil de barras proteicas de humedad intermedia; valores de a_w entre 0,60 y 0,90 se asocian con una mayor resistencia al crecimiento microbiano y al deterioro físico y químico durante el almacenamiento (Szydłowska et al., 2020; Trzaskowska et al., 2022). Sin embargo, valores superiores a 0,90 incrementan significativamente el riesgo de crecimiento microbiano, lo que limita la estabilidad del producto bajo condiciones aceleradas

2.16.9.2. Acidez titulable

La Tabla 37 presenta la evolución de la acidez titulable de las barras proteicas durante el almacenamiento bajo dos condiciones: condiciones normales a 25 °C por un periodo de 12 días, con evaluaciones cada 3 días, y condiciones aceleradas a 35 °C durante 8 días, con muestreos realizados cada 2 días.

Tabla 37. Evolución de la acidez titulable de las barras proteicas durante el almacenamiento.

| ACIDEZ TITULABLE | | | | | |
|------------------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| NORMAL | | | ACELERADO | | |
| Tiempo | INIAP 450 | INIAP DB | Tiempo | INIAP 450 | INIAP DB |
| 0 | 0,016 | 0,016 | 0 | 0,016 | 0,016 |
| 3 | 0,016 | 0,016 | 2 | 0,016 | 0,016 |
| 6 | 0,016 | 0,016 | 4 | 0,016 | 0,016 |

| | | | | | |
|----|-------|-------|---|-------|-------|
| 9 | 0,022 | 0,016 | 6 | 0,022 | 0,016 |
| 12 | 0,022 | 0,022 | 8 | 0,022 | 0,022 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

Los resultados indicaron que la acidez titulable se mantuvo relativamente estable durante los primeros días de almacenamiento en ambas condiciones, con valores iniciales de 0,016 %, lo que sugiere una baja actividad de reacciones químicas o microbiológicas al inicio del período de evaluación.

Hacia el final del almacenamiento, se observaron ligeros incrementos en la acidez, alcanzando valores de 0,022 %, tanto en condiciones normales como aceleradas. Este aumento puede estar asociado a procesos de degradación de componentes lipídicos o a reacciones de oxidación, aunque los cambios observados fueron moderados y no indicaron un deterioro severo del producto durante el período evaluado.

La acidez titulable a pesar de que se mantuvo estables durante los primeros días con ligeros incrementos al final del período de evaluación, puede contribuir a la inhibición del crecimiento microbiano, con un pH cercano a la neutralidad (6,0–7,0) resulta insuficiente como barrera biológica efectiva. En este contexto, la seguridad y estabilidad de las barreras proteicas dependen principalmente del controlas actividad de agua, del envase y las condiciones de almacenamiento (Ha et al., 2019).

En cuanto a la vida útil preliminar, la a_w inicial baja asegura buena estabilidad inicial. Sin embargo, el incremento rápido de a_w en condiciones aceleradas (hasta 0,93–0,97 en 6–8 días a 35 °C) indica alta higroscopicidad y posible limitación en la barrera del empaque utilizado. La acidez titulable se mantuvo estable durante los primeros días y mostró solo un ligero incremento posterior, insuficiente para actuar como barrera ácida adicional. Estos resultados sugieren una vida útil estimada de 3–6 meses en condiciones normales con empaque de alta barrera, y menor en empaques permeables.

2.16.10. Análisis de costo del mejor análisis de optimización

a) Costos directos

Materias prima base (1 kg de barras proteicas = 25 barras de 40 g)

Tabla 38 Precios de insumos

| Insumos | Cantidad (g) | Precio unitario (USD/kg) | Costo (USD) |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------|-------------|
| Concentrado de proteína de chocho | 400 | 3,5 | 1,4 |
| Miel de abeja | 380 | 8 | 3,04 |

| | | | |
|-------------------------------|----|------|------------|
| Maní | 70 | 4 | 0,28 |
| Almidón de camote | 70 | 2,5 | 0,18 |
| Coco deshidratado | 70 | 2,75 | 0,2 |
| Aroma de coco | 5 | - | 0,35 |
| Vainilla | 5 | - | 0,15 |
| Subtotal Materia Prima | | | 5,6 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

b) Materiales de empaque

Tabla 39 Precio de materiales de empaque

| Materiales | Unidad | Precio unitario (USD) | Costo (USD) |
|-------------------------|--------|-----------------------|-------------|
| Fundas trilaminadas | 1 | 0,5 | 0,5 |
| Etiquetas impresas | 1 | 0,1 | 0,1 |
| Subtotal empaque | | | 0,6 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

c) Mano de obra directa

Tabla 40 Precio de mano de obra

| Actividades | Tiempo estimado (h) | Tarifa referencial (USD/hora) | Costo (USD) |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------|
| Preparación y cocción | 1 | 2 | 2 |
| Empaquetado y etiquetado. | 0,5 | 2 | 1 |
| Total, MOD (25 barra) | | | 3 |
| Por unidad (1 barra) | | | 0,12 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

d) Costos indirectos por barras

Tabla 41 Precios indirectos por barras

| Concepto | Estimado mensual (USD) | Porratio por unidad | Costo (USD) |
|------------------------------|------------------------|---------------------|-------------|
| Energía eléctrica (cocción) | 10 | 0,01 | 0,1 |
| Agua y limpieza | 5 | 0,01 | 0,05 |
| Otros (desinfectantes, etc.) | 10 | 0,01 | 0,1 |
| Subtotal empaque | | | 0,25 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

e) Costos por unidad, barras (40g)

Tabla 42 Costos de barras por unidad

| Concepto | Costo (USD) |
|-----------------------------|----------------|
| Materia prima | 0,22 |
| Empaque | 0,6 |
| Mano de obra | 0,12 |
| Costo indirecto | 0,25 |
| Costo total unitario | 1,19 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

f) Conclusiones análisis de costos

El análisis de costo total unitario de la barra proteica elaborada con concentrado proteico de chocho asciende a USD 1,19 por unidad de (40g), resultado de la suma de los costos de materia prima (USD 0,22), empaque (USD 0,60), mano de obra (USD 0,12) y costos indirectos (USD 0,25). Se observa que el empaque representa el mayor componente del costo total, lo cual es consistente con lo reportado en estudios de desarrollo de productos alimenticios a pequeña escala, donde los materiales de envasado suelen tener una incidencia significativa en el costo final del producto, especialmente cuando se emplean empaques de alta barrera como fundas trilaminadas (Kotler & Keller, 2016).

La táctica de aprovisionamiento en la localidad no solo disminuye los gastos de logística un aspecto fundamental según Porter (1985) en su idea sobre la ventaja competitiva sino que también fomenta la sostenibilidad, coincidiendo con las bases de la economía circular (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Igualmente, el reducido costo de la mano de obra (\$0.12 USD) indica una gestión operativa efectiva, un elemento crucial para la viabilidad económica en iniciativas de agroindustria en áreas rurales (FAO, 2021).

3. Impacto del proyecto

3.1. Técnicos

Facilita la mejora de los métodos de obtención y aumento de la concentración de proteínas del chocho, la utilización de sistemas de obtener el concentrado de proteína mediante un proceso de tamizado, y la creación de un producto con cualidades nutricionales, texturales, sensoriales y de estabilidad adecuadas. A su vez, impulsa la novedad en la industria agroindustrial al integrar métodos de formulación equilibrada, control de calidad y duración, de la barra proteica, ayudando así a consolidar la habilidad técnica y la producción de la zona.

3.2. Social

Esta iniciativa rescata el valor del chocho, un producto ancestral andino, reforzando así nuestra herencia cultural. Además, brinda nuevas perspectivas a los pueblos del campo que se dedican a sembrarlo y transformarlo en sectores como las provincias de Pichincha, Cotopaxi y

Chimborazo. Con ello, se impulsa el progreso de la zona, se afianza el acceso a los alimentos y se integra a los pequeños agricultores a la sociedad.

3.3. Económico

Elaborar barras proteicas usando concentrado de chocho podría dar un impulso al sector agroindustrial, generando nuevas empresas y puestos de trabajo. Usar tipos de chocho de la zona disminuye la necesidad de importar proteína vegetal y hace que cultivar chocho sea más rentable, animando a sembrarlo y venderlo. Además, al ofrecer un producto novedoso y con más valor, se abren más puertas para entrar en mercados dentro y fuera del país, lo que fortalece la economía de la región.

3.4. Ambiental

La producción de barras proteicas presenta un menor impacto ambiental, ya que esta leguminosa favorece la fertilidad del suelo. No obstante, su procesamiento de desamargado, secado, molienda y la elaboración del concentrado proteico puede consumir mucha agua y energía, generando residuos. Es crucial adoptar prácticas sostenibles para maximizar beneficios ambientales.

4. Recursos y presupuesto

En la tabla 43 se muestra el presupuesto que se gastó en la realización de las barras proteicas.

Tabla 43 Presupuesto utilizado para el proyecto

| Presupuesto de dos barras proteicas de chocho | | | | |
|--|-----------------|---------------|--------------------|-----------------|
| Detalle | Cantidad | unidad | V. unitario | V. Total |
| Materia prima | | | | |
| Chocho Andino | 10 | kg | 2 | 20 |
| Chocho Blanco Dulce | 10 | kg | 2 | 20 |
| | | | Subtotal | 40 |
| Materia para la barra | | | | |
| Miel | 10 | L | 2 | 20 |
| Pasta de maní | 5 | kg | 2 | 10 |
| Almidón de camote | 6 | kg | 2,5 | 15 |
| Coco deshidratado | 4 | kg | 1,5 | 6 |
| Aroma de coco | 1 | Frasco | 3 | 3 |
| Esencia de vainilla | 1 | Frasco | 1,8 | 1,8 |
| Aceite comestible | 1 | Frasco | 2,25 | 2,25 |
| | | | Subtotal | 58,05 |
| Materiales | | | | |
| Tamizadores | 2 | u. | 1,5 | 3 |
| Fundas Ziploc | 25 | u. | 0,2 | 5 |
| Papel aluminio | 3 | u. | 1,8 | 5,4 |
| Papel encerado | 1 | u. | 1,5 | 1,5 |
| Guantes Látex | 6 | u. | 2 | 12 |
| Adhesivos | 1 | Paquete | 0,75 | 0,75 |
| Cofias | 1 | Paquete | 1 | 1 |
| Mascarillas | 1 | Paquete | 3,4 | 3,4 |

| | | | | |
|---------------------------------|------|---------|-----------------|---------------|
| Vasos desechables | 1 | Paquete | 0,5 | 0,5 |
| Fundas plásticas | 1 | Paquete | 0,75 | 0,75 |
| Papel encerado | 1 | u. | 1,5 | 1,5 |
| Tubos de ensayo | 1 | Paquete | 10 | 10 |
| Matraz de digestión 125 ml | 10 | u. | 12 | 120 |
| Matraz de Erlenmeyer 25 ml | 10 | u. | 4 | 40 |
| Pipeta de 10 ml | 2 | u. | 8 | 16 |
| Frasco gotero | 2 | u. | 3 | 6 |
| Vasos de 600 ml | 10 | u. | 8 | 80 |
| Crisoles | 10 | u. | 6 | 60 |
| Pinzas | 2 | u. | 5 | 10 |
| Frascos de vidrio | 24 | u. | 4 | 96 |
| | | | Subtotal | 472,8 |
| Equipos | | | | |
| Estufa | 1 | h | 2 | 2 |
| Molino manual | 2 | h | 1 | 2 |
| Tamizadora de laboratorio | 5 | h | 4 | 20 |
| Balanza analítica | 5 | h | 2 | 10 |
| Molino de centrifuga | 2 | h | 6 | 12 |
| Aparato Kjeldahl macro | 6 | h | 10 | 60 |
| Termómetro digital de bolsillo | 2 | h | 0,5 | 1 |
| Medidor de pH | 3 | h | 2 | 6 |
| Mufla con regulador | 540 | h | 1 | 540 |
| Texture Profile Analysis (TPA) | 28 | Muestra | 1,7 | 47,6 |
| Deshidratador de alimento | 20 | h | 3,5 | 70 |
| Cocina de inducción | 4 | h | 2,5 | 10 |
| Recipientes grandes | 3 | h | 0,5 | 1,5 |
| Cucharas | 3 | u | 0,75 | 2,25 |
| Molde | 1 | u | 1 | 1 |
| Horno | 5 | h | 1 | 5 |
| Cuchillo | 2 | u | 1,5 | 3 |
| | | | Subtotal | 793,35 |
| Análisis proximales | | | | |
| Agua purificada | 18 | L | 0,3 | 5,4 |
| Proteína | | | | |
| Ácido sulfúrico | 3 | L | 15 | 45 |
| Catalizador | 100 | g | 0,6 | 60 |
| Hidróxido de sodio | 1,5 | L | 10 | 15 |
| Ácido bórico | 900 | ml | 0,1 | 90 |
| Ácido clorhídrico | 1 | L | 12 | 12 |
| | | | Subtotal | 222 |
| Fibras | | | | |
| Ácido sulfúrico disuelto 7/1000 | 15 | L | 12 | 180 |
| Hidróxido de sodio | 0,9 | L | 13 | 11,7 |
| Hexano | 0,45 | L | 35 | 15,75 |
| Agua destilada | 4,5 | L | 0,5 | 2,25 |
| Lana de vidrio | 1 | Rollo | 17,52 | 17,52 |
| | | | Subtotal | 227,22 |
| Grasa | | | | |

| | | | | |
|---|------|----------|-----------------|----------------|
| Hexano o éter etílico | 2 | L | 35 | 70 |
| Papel filtro | 1 | u. | 2,5 | 2,5 |
| | | | Subtotal | 72,5 |
| Humedad | | | | |
| Cápsulas metálicas | 1 | Paquete | 10 | 10 |
| | | | Subtotal | 10 |
| Cenizas | | | | |
| Crisoles de porcelana | 1 | Paquete | 20 | 20 |
| | | | Subtotal | 20 |
| Azúcar | | | | |
| Ácido sulfúrico | 0,5 | L | 15 | 7,5 |
| Agua destilada | 1 | L | 0,5 | 0,5 |
| | | | Subtotal | 8 |
| Almidón | | | | |
| Termoestable- amilasa | 0,2 | L | 75 | 15 |
| Amiloglucosidasa | 0,15 | L | 80 | 12 |
| Etanol (95%) | 1 | L | 15 | 15 |
| Sulfato de sodio anhidro | 0,35 | L | 25 | 8,75 |
| Acetato de sodio y ácido acético | 0,18 | L | 10 | 1,8 |
| Buffer acetato de sodio (pH 4,5) | 0,2 | L | 18 | 3,6 |
| Proteasa | 0,15 | L | 75 | 11,25 |
| Cloruro de sodio | 0,2 | L | 8 | 1,6 |
| | | | Subtotal | 69 |
| Suministros | | | | |
| Energía eléctrica | 240 | kW/h | 0,09 | 21,6 |
| Internet | 2 | Plan | 25 | 50 |
| | | | Subtotal | 71,6 |
| Materiales bibliográficos y fotocopias | | | | |
| Esferos | 3 | u. | 0,4 | 1,2 |
| Lápiz | 2 | u. | 0,5 | 1 |
| Borrador | 1 | u. | 0,5 | 0,5 |
| Libretas | 2 | u. | 0,6 | 1,2 |
| Regla | 2 | u. | 1 | 2 |
| Marcador | 1 | u. | 1 | 1 |
| Impresiones | 280 | \$ | 0,1 | 28 |
| Anillados | 4 | \$ | 1,5 | 6 |
| CD | 1 | \$ | 3 | 3 |
| | | | Subtotal | 43,9 |
| Otros gastos | | | | |
| Transporte | 70 | viaje | 0,8 | 56 |
| Hospedaje | 2 | meses | 80 | 160 |
| Alimentación | 70 | alimento | 2,5 | 175 |
| | | | Subtotal | 391 |
| Total, Proyecto | | | | 2499,42 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

La tabla 38 se muestra un resumen del presupuesto del proyecto de investigación ejecutado.

Tabla 44 Resumen del presupuesto del proyecto

| |
|--|
| Resumen presupuesto de dos barras proteicas de chocho |
|--|

| Detalle | Valor (\$) |
|--|----------------|
| Materia prima | 40 |
| Materia para la barra | 58,05 |
| Materiales | 472,8 |
| Equipos | 793,35 |
| Análisis proximales | 628,72 |
| Suministros | 71,6 |
| Materiales bibliográficos y fotocopias | 43,9 |
| Otros gastos | 391 |
| Total, Proyecto | 2499,42 |

Fuente: (Caisaguano & Comina, 2026)

5. Conclusiones

- La caracterización del grano evidenció que el desamargado sin cáscara incrementó la concentración de proteína, alcanzando valores superiores 54,25 % (INIAP 450) y 58,04 % (INIAP DB), además, se observó un aumento del contenido de grasa ($\approx 21,00$ – $21,55$ %) y una disminución de la fibra y humedad. En cuanto a la caracterización física, el procesamiento del grano modificó sus dimensiones, masa y color, con una reducción del diámetro geométrico medio, el área superficial, el volumen y el peso de cien granos, así como una disminución de la luminosidad del color, lo que refleja cambios estructurales asociados al remojo, la cocción y el descascarado.
- El tamizado mecánico permitió concentrar proteína al disminuir el tamaño de partícula. En ambas variedades, la fracción 100 μm presentó los mayores valores, destacando el chocho desamargado sin cáscara con 69,71 % (INIAP 450) y 70,58 % (INIAP DB). Esto confirma que la reducción de tamaño de partícula y la remoción de cáscara favorecen la concentración relativa de proteína en la harina.
- Las barras proteicas se formularon combinando concentrado de chocho, miel de abeja y otros ingredientes en proporciones definidas experimentalmente, obteniéndose productos con adecuada cohesión estructural, moldeabilidad y estabilidad inicial. El incremento del concentrado de chocho se asoció directamente con el aumento del contenido de proteína del producto final, mientras que mayores proporciones de miel de abeja influyeron en la reducción relativa del contenido proteico por efecto de dilución.
- El análisis proximal mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre formulaciones y variedades en fibra, grasa, humedad, ceniza, almidón, azúcares y actividad de agua. Las barras con INIAP 450 presentaron mayor fibra, mientras que las elaboradas con INIAP DB mostraron mayor contenido de grasa y azúcares. Asimismo, la evaluación instrumental de la textura evidenció diferencias en los parámetros mecánicos,

observándose en general una estructura más firme en las barras formuladas con INIAP DB, en concordancia con su comportamiento sensorial.

- La evaluación sensorial indicó aceptabilidad general favorable, con puntuaciones entre 3,1 y 4,3/5. Las barras con INIAP DB mostraron valores ligeramente superiores en textura, sabor y aceptabilidad (máx. 4,3), mientras que INIAP 450 destacó en color, confirmando que ambas formulaciones son sensorialmente viables, con preferencia moderada por INIAP DB.
- Durante el almacenamiento se registró un incremento progresivo de la aw en ambas variedades, siendo más rápido bajo condiciones aceleradas a 35 °C. En temperatura ambiente, las barras mantuvieron una estabilidad aceptable durante el periodo de evaluación, lo que permite estimar una vida útil preliminar de 3 a 6 meses cuando se emplean envases de alta barrera. En condiciones aceleradas, la aw alcanzó valores críticos a partir de los 6–8 días, evidenciando una reducción significativa de la vida útil bajo estrés térmico. En conjunto, la estabilidad del producto depende principalmente del control de la aw, del empaque y de las condiciones de almacenamiento.

6. Recomendaciones

- Se recomienda estandarizar y controlar rigurosamente el proceso de desamargado y descascarado del chocho, considerando parámetros como tiempos de remojo y cocción, relación grano: agua y condiciones de lavado, ya que el grano desamargado sin cáscara presentó los mayores contenidos de proteína en ambas variedades. La estandarización de estas etapas permitirá garantizar la eliminación efectiva de alcaloides, la calidad e inocuidad de la materia prima y la homogeneidad del producto obtenido para su aplicación en la elaboración de las barras proteicas.
- Considerando que las fracciones de menor tamaño de partícula presentaron mayor concentración de proteína, se recomienda utilizar la fracción fina (100 µm) para la formulación de barras proteicas, así como optimizar el proceso de molienda y tamizado para mejorar el rendimiento y la uniformidad del concentrado.
- Se recomienda optimizar la relación entre el concentrado de chocho y los agentes aglutinantes durante la formulación de las barras proteicas, de modo que se maximice el aporte proteico sin comprometer la cohesión, moldeabilidad y estabilidad estructural del producto final.
- Debido al incremento de la actividad de agua durante el almacenamiento, especialmente bajo condiciones aceleradas a 35 °C, se recomienda evaluar envases con alta barrera al

vapor de agua y al oxígeno (materiales laminados o metalizados), mejorar el sellado y considerar el uso de desecantes alimentarios, con el fin de reducir la absorción de humedad y prolongar la vida útil.

7. Bibliografía.

- Abarca, G., Villanueva, M., Tobar, S., Fredes, C., Aguirre, C., & Parada, A.,(2024). Hacia una alimentación saludable y sostenible: Elección de alimentos ricos en proteínas. *Revista chilena de nutrición*, 51(6), 485-493. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182024000600485>
- Ali, Z., & Bhaskar, S. B. (2016). Basic statistical tools in research and data analysis. *Indian Journal of Anaesthesia*, 60(9), 662-669. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.190623>
- AlJaloudi, R., Al-Dabbas, M. M., Hamad, H. J., Amara, R. A., Al-Bashabsheh, Z., Abughoush, M., Choudhury, I. H., Al-Nawasrah, B. A., & Iqbal, S. (2024). Development and Characterization of High-Energy Protein Bars with Enhanced Antioxidant, Chemical, Nutritional, Physical, and Sensory Properties. *Foods*, 13(2), 259. <https://doi.org/10.3390/foods13020259>
- AOAC. (2019a). *Official methods of analysis* (21 st ed). Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2019b). *Official Method 942.15 – Acidity (Titratable Acidity)* (21st ed). Association of Official Analytical Chemists. <https://es.scribd.com/document/497230112/942-15-Acidez-Titulable-en-Frutas-1>
- Barrios, C. M. (2020). *Composición nutricional y caracterización de barras de cereal proteicas a base de alimentos oriundos de las regiones a nivel Latinoamericano*. https://www.academia.edu/87226319/Composici%C3%B3n_nutricional_y_caracterizaci%C3%B3n_de_barras_de_cereal_proteicas_a_base_de_alimentos_oriundos_de_las_regiones_a_nivel_Latinoamericano
- Batallas Rodríguez, D. J. (2023). *Elaboración de suplemento nutricional a base de la proteína de suero de leche y lupino andino (chocho) para deportistas*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Caicedo V, C., Peralta I, E., Villacreses, E., & Rivera M, M. (2010). *Poscosecha y mercado de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador* (p. 37). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2700>
- Caiza Ayala, J. E. (2011). *Obtención de hidrolizado de proteína de chocho (Lupinus mutabilis) a partir de harina integral* [bachelorThesis, Quito, 2011.]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4387>

- Cañarte Toala, J. A., & Farías García, D. M. (2025). *Análisis físico, químico y funcional de aislado protéico de lupino (lupinus mutabilis)*. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/8987>
- Chávez Mallitasig, A. X., & Miranda Chasi, A. M. (2024). *Caracterización nutricional de la harina precocida de chocho (lupinus mutabilis sweet) de dos variedades iniap-450 Andino y ecotipo local*. [Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/12414>
- Cheng, F., Ding, K., Yin, H., Tulbek, M., Chigwedere, C. M., & Ai, Y. (2023). Milling and differential sieving to diversify flour functionality: A comparison between pulses and cereals. *Food Research International*, 163, 112223. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112223>
- Chiza Maldonado, B. C., Romero Astudillo, M. J., & Catastros, I. en A. A. y. (2017). *Estudio de la producción y comercialización del chocho (lupinus mutabilis sweet) en la provincia de Imbabura*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124703/records/67051450b1dfe472e14573a0>
- Ciurzyńska, A., Janowicz, M., Karwacka, M., Zwierzchowski, J., & Galus, S. (2025). The Influence of Storage Conditions and Gelatin Concentration on Changes in Selected Physical Properties of Freeze-Dried Coated Carrot Bars. *Gels*, 11(10), 788. <https://doi.org/10.3390/gels11100788>
- Cortés-Avenidaño, P., Tarvainen, M., Suomela, J.-P., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debitting Process. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 75(2), 184-191. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y>
- Curti, C., Fino, L. E. C., Madrid, A. P. O. la, Ribeiro, A. P. B., Cunha, D. T. da, Vinderola, G., Elisabete, C. A. A., & Noemí, R. A. (2022). The addition of andean lupin (*lupinus mutabilis*) protein concentrate enhances the nutritive value and the antioxidant activity of yoghurt: Yoghurts added with andean lupin protein concentrate. *Revista española de nutrición humana y dietética*. <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/1415836>
- De Bruno, A., Romeo, R., Gattuso, A., Piscopo, A., & Poiana, M. (2021). Functionalization of a Vegan Mayonnaise with High Value Ingredient Derived from the Agro-Industrial Sector. *Foods*, 10(11), 2684. <https://doi.org/10.3390/foods10112684>

- Escobedo-Monge, M. F., Parodi-Román, J., Escobedo-Monge, M. A., & Marugán-Miguelsanz, J. M. (2025). The Biological Value of Proteins for Pediatric Growth and Development: A Narrative Review. *Nutrients*, 17(13), 2221. <https://doi.org/10.3390/nu17132221>
- Farinango Matute, A. R., & Quizhpi Mogrovejo, J. D. (2015). *Preparación de un suplemento proteico elaborado a partir de lupinus mutabilis «chocho» y su valoración bromatológica*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21521>
- Fon Fay Vásquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2019). *Análisis proximal en alimentos: Fundamentos teóricos y técnicas experimentales*. Colloquium (Coedición Universidad de Quevedo). <https://www.researchgate.net/.../Analisis-proximal-en-alimentos-Fundamentos-teoricos-y-tecnicas-experimentales.pdf>
- Fonseca González., Z., Quesada Font., A. J., Meireles Ochoa., M. Y., Cabrera Rodríguez., E., Boada Estrada., A. M., Fonseca González., Z., Quesada Font., A. J., Meireles Ochoa., M. Y., Cabrera Rodríguez., E., & Boada Estrada., A. M. (2020). La malnutrición; problema de salud pública de escala mundial. *Multimed*, 24(1), 237-246. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-48182020000100237&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Galicia-Haro, E. F., Coria-Páez, A. L., & Ortega-Moreno, I. C. (2023). Producción de leguminosas beneficios nutricionales deficiencias productivas. *Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 17. <https://riico.net/index.php/riico/article/view/2254>
- González Jiménez, J. (2021). *Desarrollo, formulación y optimización de barritas de proteínas elaboradas a partir de frutos secos, fruta deshidratada y proteína de leche* [Masters, E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM)]. <https://oa.upm.es/70100/>
- Guerra, D., & Pozo, P. (2018). Análisis proximal y perfil de aminoácidos del aislado proteico del chocho andino ecuatoriano (Fabaceae: *Lupinus mutabilis*). *infoANALITICA*, 6(1). <https://doi.org/10.26807/ia.v6i1.53>
- Gunyaphan, S., On-Nom, N., Suttisansanee, U., Nana, A., Chamchan, R., Khemthong, C., & Chupeerach, C. (2020). Product qualities and sensory evaluation of high protein snack bar incorporated with pea protein isolate. *Investigación alimentaria*. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(S4\).008](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(S4).008)

- Ha, T. M., Shakur, S., & Pham Do, K. H. (2019). Consumer concern about food safety in Hanoi, Vietnam. *Food Control*, 98, 238-244. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.031>
- Hughes, J., Vaiciurgis, V., & Grafenauer, S. (2020). Flour for Home Baking: A Cross-Sectional Analysis of Supermarket Products Emphasising the Whole Grain Opportunity. *Nutrients*, 12(7), 2058. <https://doi.org/10.3390/nu12072058>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 2646—Granos Cereales Amaranto / PDF | Naturaleza | Science*. <https://es.scribd.com/document/513032341/NTE-INEN-2646-2012-GranosCerealesAmaranto>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 522. Alimentos. Determinación de fibra cruda*. INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *NTE INEN 1529: Control microbiológico de los alimentos*. INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización: Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 2 389:2005 / PDF | Cereales | Hongo. (s. f.). Scribd. Recuperado 28 de diciembre de 2025, de <https://es.scribd.com/document/473081435/2389>
- Jacquet, N., Plomptoux, A., Brostaux, Y., Malumba, P., Danthine, S., & Blecker, C. (2025). Study of the Impact of Operating Parameters and the Addition of Fat on the Physicochemical and Texture Properties of Extruded Snacks. *Foods*, 14(8), 1307. <https://doi.org/10.3390/foods14081307>
- Jara Chávez, P. A., & Díaz Muñoz, G. A. (tutor). (2025). *Desarrollo de una barra proteica a base de chocho* [Thesis, QUITO/UIDE/2025]. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/8173>
- Jijón Jumbo, G. I. (2018). *Formulación y elaboración de una barra energética para deportistas de resistencia*. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>
- Ji-yong, S., Xiao-bo, Z., Xiao-wei, H., Jie-wen, Z., Yanxiao, L., Limin, H., & Jianchun, Z. (2013). Rapid detecting total acid content and classifying different types of vinegar based on near infrared spectroscopy and least-squares support vector machine. *Food Chemistry*, 138(1), 192-199. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.060>
- Karwacka, M., Ciurzyńska, A., Galus, S., & Janowicz, M. (2024). The Effect of Storage Time and Temperature on Quality Changes in Freeze-Dried Snacks Obtained with Fruit

- Pomace and Pectin Powders as a Sustainable Approach for New Product Development. *Sustainability*, 16(11), 4736. <https://doi.org/10.3390/su16114736>
- Kigozi, J., Wandeka, C. M., Mugabi, R., & Ainebyona, P. (2024). Optimization of Hardness as a Textural Property of a Fruit Enriched Honey Sweetened Snack Bar for Children Aged 5 to 13 Years. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 6(4), 14-18. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2024.6.4.733>
- Lara V., P. A., & Bustos E., B. D. (2022). *Desarrollo de galletas y barras nutricionales con chocho (Lupinus mutabilis)* [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7302>
- Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Qualitas Revista Científica*, 24(24), 066-075. <https://doi.org/10.55867/qual24.05>
- Małecki, J., Tomasevic, I., Djekic, I., & Sołowiej, B. G. (2020). The Effect of Protein Source on the Physicochemical, Nutritional Properties and Microstructure of High-Protein Bars Intended for Physically Active People. *Foods*, 9(10), 1467. <https://doi.org/10.3390/foods9101467>
- Mariotti, F., & Gardner, C. D. (2019). Dietary Protein and Amino Acids in Vegetarian Diets—A Review. *Nutrients*, 11(11), 2661. <https://doi.org/10.3390/nu11112661>
- Martínez, D. V. S. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 9(17), 38-39. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Mazón, N. V. C. (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 Y NUTRICIÓN*, 10(Ed. Esp.), 260-269. <https://cssn.epoch.edu.ec/index.php/v3/article/download/61/61>
- Meneses Quelal, O., & Pulles, M. B. (2025). Nutritional, Functional and Microbiological Potential of Andean *Lupinus mutabilis* and *Amaranthus* spp. In the Development of Healthy Foods—A Review. *Foods*, 14(12), 2059. <https://doi.org/10.3390/foods14122059>
- Morejón, S. E. L., & Palchisaca, D. V. M. (2022). INFLUENCIA PUNTO ISOELÉCTRICO EN EL RENDIMIENTO DE AISLADOS PROTEICOS DE ORIGEN VEGETAL. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 3(6), 69-78. <https://doi.org/10.56519/paapr542>
- Movaghar, S., Pourfarzad, A., & Mehregan Nikoo, A. (2025). Optimization of brown rice protein bars formulated with Arabic and Persian gums: Insights from physicochemical, FTIR, and chemometric analyses. *LWT*, 231, 118303. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118303>

- NTE INEN 2390 2004—*Leguminosas. Grano Desamargado de Chocho* / PDF. (s. f.). Scribd. Recuperado 28 de diciembre de 2025, de <https://www.scribd.com/document/918670577/NTE-INEN-2390-2004-Leguminosas-Grano-Desamargado-de-Chocho>
- Nte Inen de Grasa y Ceniza* / PDF / *Sustancias químicas* / *Química*. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2025, de <https://es.scribd.com/document/336243253/Nte-Inen-de-Grasa-y-Ceniza>
- Nwabuko, O. (2024). An Overview of Research Study Designs in Quantitative Research Methodology: Research Article. *American Journal of Medical and Clinical Research & Reviews*, 3(5), 1-6. <https://doi.org/10.58372/2835-6276.1169>
- Ramos-Galarza, C. (2021). *Diseños de investigación experimental*. 10(1). <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ranneh, Y., Akim, A. M., Hamid, H. Ab., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z. A., Albuja, M., & Bakar, M. F. A. (2021). Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 30. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03170-5>
- Rehman, S., Mahmood, S., Nadeem, M., Tufail, T., Shahid, M. Z., Saqib, A., & Hussain, M. (2020). Development and nutritional characterization of nutrients enriched food bars. *International Journal of Biosciences*, 16(2), 89-101. <https://doi.org/10.12692/ijb/16.2.89-101>
- Rodríguez-Ortega, D., Zambrano, J. L., Pereira-Lorenzo, S., Torres, A., & Murillo, Á. (2024). *Lupinus mutabilis* Breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy*, 14(1), 94. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010094>
- Salto, H. A. S., & Bayas, A. (2010). Aplicación de un Diseño Experimental de Mezclas en el Desarrollo de una “Barra Energética” con base en el Salvado de Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K). *Revista Tecnológica - ESPOL*, 23(2). <https://rte.espol.edu.ec>
- Sánchez Socarrás, V., Aguilar Martínez, A., Vaqué Crusellas, C., Milá Villarroel, R., & González Rivas, F. (2016). Diseño y validación de un cuestionario para evaluar el nivel de conocimientos generales en trastornos del comportamiento alimentario en estudiantes de ciencias de la salud. *Atención Primaria*, 48(7), 468-478. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2015.09.008>
- Saravanan, G., Yusri, A. S., & Sarbon, N. Mhd. (2026). Investigating the nutritional value, physicochemical properties, antioxidant activity and sensory acceptability of fiber- and

- protein-enriched fruit based energy bars. *Food Chemistry Advances*, 10, 101196. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101196>
- Sosa-Flores, M. L., García-Hernández, D. G., Amaya-Guerra, C. A., Bautista-Villarreal, M., & González-Luna, A. R. (2023). Obtención de aislados e hidrolizados proteicos de grillo (*Acheta domesticus*) y evaluación de su actividad antioxidante. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 608-618. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.81>
- Szydłowska, A., Zielińska, D., Łepecka, A., Trzaskowska, M., Neffe-Skocińska, K., & Kołożyn-Krajewska, D. (2020). Development of Functional High-Protein Organic Bars with the Addition of Whey Protein Concentrate and Bioactive Ingredients. *Agriculture*, 10(9), 390. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090390>
- Tapia, M. E. (2015). *El tarwi, lupino andino. Tarwi, tauri o chocho, (Lupinus mutabilis Sweet)*. <https://www.arboldelavida-america.org/wp-content/uploads/2020/02/TARWI-espanol.pdf> (Obra original publicada en Fondo Ítalo Peruano)
- Tormási, J., Benes, E., Kónya, É. L., Berki, M., & Abrankó, L. (2025). Evaluation of protein quantity and protein nutritional quality of protein bars with different protein sources. *Scientific Reports*, 15(1), 9388. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94072-4>
- Trzaskowska, M., Neffe-Skocińska, K., Okoń, A., Zielińska, D., Szydłowska, A., Łepecka, A., & Kołożyn-Krajewska, D. (2022). Safety Assessment of Organic High-Protein Bars during Storage at Ambient and Refrigerated Temperatures. *Applied Sciences*, 12(17), 8454. <https://doi.org/10.3390/app12178454>
- Urrialde, R., Gómez-Cifuentes, A., Pintos, B., Gómez-Garay, M. A., Cifuentes, B., Urrialde, R., Gómez-Cifuentes, A., Pintos, B., Gómez-Garay, M. A., & Cifuentes, B. (2022). Compuestos bioactivos de origen vegetal: Desarrollo de nuevos alimentos. *Nutrición Hospitalaria*, 39(SPE3), 8-11. <https://doi.org/10.20960/nh.04302>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., Vries, W. D., Sibanda, L. M., ... Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- Yorgancılar, M., Torun, A., & Aydın, C. (2018). Some Physical Properties and Nutritional Compositions of Lupin (*Lupinus albus* L.) Seed in Turkey. *Selcuk Journal of Agriculture*

and Food Sciences, 32(3), 407-410.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/selcukjafsci/article/1281372>

You, X.-Y., Ding, Y., Bu, Q.-Y., Wang, Q.-H., & Zhao, G.-P. (2024). Nutritional, Textural, and Sensory Attributes of Protein Bars Formulated with Mycoproteins. *Foods*, 13(5), 671.
<https://doi.org/10.3390/foods13050671>

