



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania
Tayo Simaluisa Angela Fernanda

Tutora:

Zambrano Ochoa Zoila Eliana

Cotutora:

Villacrés Poveda Clara Elena

LATACUNGA – ECUADOR
Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania, con cédula de ciudadanía No. 1755618970 y Tayo Simaluisa Angela Fernanda, con cédula de ciudadanía No. 0504811589, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: “**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)**”, siendo la Ingeniera Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Tutora 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, 10 de febrero del 2026

Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania
C.C: 1755618970
ESTUDIANTE

Tayo Simaluisa Angela Fernanda
C.C: 0504811589
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 **ALOMOTO CHAMORRO LIZBETH ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía **1755618970** de estado civil casada, 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 “**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.

Tema: “**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)**”

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.

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 10 días del mes de febrero del 2026.

Lizbeth Estefania Alomoto Chamorro

LA 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 **TAYO SIMALUISA ANGELA FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **0504811589** 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 **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.

Tema: **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”**

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:

- e) 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.
- f) La publicación del trabajo de grado.
- g) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- h) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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 10 días del mes de febrero del 2026.

Angela Fernanda Tayo Simaluisa

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”, de Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania y Tayo Simaluisa Angela Fernanda, 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, 10 de febrero del 2026

Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.
C.C: 0501773931
DOCENTE TUTORA

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, las postulantes: Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania y Tayo Simaluisa Angela Fernanda, con el título del Proyecto de Investigación: **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”**, 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, 10 de febrero del 2026

Ing. Fabián Cerda Andino, Mg.

C.C: 0501369805

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Manuel Fernández Paredes, Mg.

C.C: 0501511604

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Gabriela 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 la colaboración, asesoría técnica y el apoyo brindado durante la ejecución del proyecto. De manera particular, agradezco a mi tutora Ing. Zoila Zambrano, por su acompañamiento, paciencia y valiosos aportes técnicos, que fueron fundamentales para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Agradezco también a la Doc. Elena Villacrés que con su ayuda hemos podido culminar con éxito este trabajo investigativo.

Así mismo, agradezco a mi compañera Angela por su compromiso y trabajo en equipo que fueron esenciales para la culminación de este proyecto.

Lizbeth Estefania Alomoto Chamorro

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme conocimientos y los recursos necesarios para formarme tanto humanamente como profesionalmente.

De manera especial, agradezco a la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, por abrirme sus puertas para poder realizar mi trabajo de titulación en sus instalaciones y proporcionarme las herramientas esenciales para el desarrollo de esta investigación.

A mi tutora Ing. Zoila Eliana por su apoyo, guía y conocimiento que ha sido de mucha ayuda para culminar este proyecto. A todas las personas que me acompañaron durante este proceso y en especial a mi compañera de tesis Liz, les doy las gracias por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento hacia mí que de una u otra manera aportaron para cumplir uno de mis objetivos propuestos.

Angela Fernanda Tayo Simaluisa

DEDICATORIA

Este trabajo nace de la fe, del esfuerzo y del amor, y lo dedico primero a Dios, por sostenerme cuando las fuerzas parecían agotarse, por escuchar mis oraciones en silencio y por guiar cada uno de mis pasos hasta alcanzar este logro.

A mis padres Luis Alomoto y Marisol Chamorro, mi mayor ejemplo de lucha y entrega, por sus sacrificios, por su amor infinito y por enseñarme que los sueños se alcanzan con perseverancia, humildad y trabajo constante, todo lo que yo soy y lo que hoy logro es gracias a ustedes. A mis hermanas y hermano Melany, Wendy, Valeria, Valentina y Luis, por ser parte esencial de mi vida, por su apoyo incondicional, sus palabras de ánimo y por acompañarme siempre. Su cariño ha sido una fuente constante de fortaleza.

A mi esposo Edison Remache, mi compañero de vida, por su amor, paciencia y comprensión, por caminar a mi lado en los momentos de cansancio y duda, por creer en mí cuando yo mismo lo dudaba y por ser mi apoyo más firme durante este proceso. Este logro también es tuyo.

Finalmente, me dedico este trabajo a mí misma, por no rendirme, por levantarme en los momentos más difíciles, por confiar en mis capacidades y demostrarme que con fe, esfuerzo y determinación los sueños sí se cumplen.

Lizbeth Estefania Alomoto Chamorro

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por ser mi guía, por levantarme en los momentos más difíciles y darme las fuerzas necesarias para salir adelante.

A mi madre Gloria Simaluisa que con su esfuerzo y dedicación me ha ayudado a llegar donde me encuentro ahora, a mi pareja David quien estuvo conmigo apoyándome durante toda mi etapa universitaria, al ser que más amo en este mundo mi hijo Ian mi motor y motivo quien llego a mi vida a darme amor y alegría día a día el cual no fue impedimento para cumplir una de las metas que me propuse lograr.

Dedico este logro también a mi padre y hermano que, aunque ya no estén conmigo siempre los llevo en mi mente y en mi corazón, esto no habría sido posible sin su ayuda y apoyo gracias a todos ustedes por ser parte de esta experiencia importante en mi vida y siempre llevaré en mi mente que, aunque no fue fácil con la ayuda de Dios lo logré.

Angela Fernanda Tayo Simaluisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”

Autoras:
Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania
Tayo Simaluisa Angela Fernanda

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*): INIAP 450-Andino, Dulce blanco, Dulce ceja café y Dulce ceja amarilla. Para la obtención de la fibra se aplicaron dos métodos de extracción: vía seca (amargo) y vía húmeda (desamargado), con el fin de comparar la calidad de la fibra obtenida. Se realizaron análisis químicos de los principales componentes estructurales y bioactivos, así como la evaluación de propiedades funcionales, capacidad antioxidante (fenoles, ABTS y DPPH) y actividades antiinflamatoria y antidiabética. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial A*B.

Los resultados obtenidos demuestran que, en las características químicas, el método de extracción desamargado presenta un mejor desempeño en la mayoría de las fracciones estructurales del chocho, destacándose en celulosa, hemicelulosa, lignina, galactanas, fibra insoluble y soluble, y calcio en las cuatro variedades de chocho. En contraste, el método de extracción amargo muestra mayor eficiencia en pentosanas, pectinas, fibra cruda y alcaloides, principalmente en la variedad andino y dulce blanco.

Las propiedades funcionales evidencian que el método de extracción desamargado presenta mejores valores de capacidad de intercambio catiónico, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento en las variedades dulce blanco y dulce ceja amarilla, mientras que el método de extracción amargo muestra mayor capacidad de absorción de moléculas orgánicas, índice de solubilidad, capacidad antioxidante (fenoles, ABTS y DPPH) en las variedades andino y dulce ceja amarilla. Asimismo, la actividad antiinflamatoria fue mayor en la variedad INIAP 450-Andino mediante el método de extracción amargo y en dulce ceja amarilla con el método de extracción desamargado, en la actividad antidiabética el mayor valor obtuvo la variedad dulce ceja amarilla por el método de extracción desamargado con potencial aplicación en la industria alimentaria.

Palabras clave: Chocho, propiedades funcionales, análisis químicos, fibra.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES FACULTY

TOPIC: “CHEMICAL CHARACTERISTICS’ STUDY AND FUNCTIONAL PROPERTIES THE FIBER OF FOUR VARIETIES FROM CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)”.

Authors:

Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania
Tayo Simaluisa Angela Fernanda

ABSTRACT

The current research has as aim to determine the chemical characteristics and functional properties the fiber four varieties from chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*): INIAP 450-Andino, Dulce Blanco, Dulce Ceja Café, and Dulce Ceja Amarilla. For the getting the fiber , it was applied two extraction methods: dry extraction (bittering) and wet extraction (debittering), in order to compare the got fiber quality. They were performed chemical analyses the main structural and bioactive components, as well as assessment functional properties, antioxidant capacity (phenols, ABTS, and DPPH), and anti-inflammatory and antidiabetic activities. The study was made under a completely randomized design with an A*B factorial arrangement. The got results demonstrate that, in terms chemical characteristics, the debittering extraction method presents a better performance in most the structural fractions from chocho, it highlights it in cellulose, hemicellulose, lignin, galactans, insoluble and soluble fiber, and calcium in all four chocho varieties. In contrast, the bittering extraction method shows greater efficiency in pentosans, pectins, crude fiber, and alkaloids, mainly in the Andean and White sweet varieties. The functional properties evince what the debittering extraction method presents better values cation exchange capacity, water absorption index, and swelling power in the white sweet and yellow-browed sweet varieties, while the bitter extraction method shows greater capacity for the absorption of organic molecules, solubility index, and antioxidant capacity (phenols, ABTS, and DPPH) in the Andean and yellow-browed sweet varieties. Likewise, the anti-inflammatory activity was greater in the INIAP 450-Andino variety, through the bitter extraction method and in sweet yellow eyebrow variety with the debittering extraction method, in the antidiabetic activity, the greater value got yellow eyebrow sweet variety for the debittering extraction method, which potential applications in the food industry.

Keywords: Chocho, functional properties, chemical analysis, fiber.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACTO	xiv
INDICE DE CONTENIDO	xv
INDICE DE TABLAS.....	xviii
INDICE DE FIGURAS	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	3
2. DISEÑO DEL PROYECTO.....	4
2.1. Planteamiento del problema.....	4
2.2. Marco contextual	4
2.3. Formulación del problema	5
2.4. Objetivos	5
2.4.1. Objetivo general	5
2.4.2. Objetivos específicos	5
2.5. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados	6
2.6. Fundamentación teórica o Marco referencial	7
2.6.1. Marco teórico	8
2.6.1.1. El chocho.....	8
2.6.1.1.1. Origen del chocho.....	8
2.6.1.1.2. Descripción botánica del chocho.....	9
2.6.1.1.3. Clasificación taxonómica del chocho	9
2.6.1.1.4. Características de calidad del grano de chocho	10
2.6.1.1.5. Manejo del cultivo	10
2.6.1.1.6. Composición nutricional del chocho	11
2.6.1.1.7. Genotipos de estudio	12
2.6.1.2. Fibra dietética.....	13
2.6.1.2.1. Clasificación de la fibra dietética	13

2.6.1.2.2. Beneficios de la fibra.....	13
2.6.1.3. Características químicas de la fibra de chocho	14
2.6.1.3.1. Celulosa	14
2.6.1.3.2. Hemicelulosa	14
2.6.1.3.3. Lignina.....	14
2.6.1.3.4. Pentosanas	15
2.6.1.3.5. Pectinas.....	15
2.6.1.3.6. Galactanas.....	15
2.6.1.3.7. Fibra cruda.....	15
2.6.1.3.8. Fibra dietética insoluble.....	16
2.6.1.3.9. Fibra dietética soluble	16
2.6.1.3.10. Calcio.....	16
2.6.1.3.11. Alcaloides	16
2.6.1.4. Propiedades funcionales de la fibra de chocho	17
2.6.1.4.1. Capacidad de intercambio catiónico.....	17
2.6.1.4.2. Capacidad de absorción de moléculas orgánicas.....	17
2.6.1.4.3. Índice de absorción de agua	17
2.6.1.4.4. Índice de solubilidad de agua	18
2.6.1.4.5. Poder de hinchamiento	18
2.6.1.4.6. Compuestos fenólicos	18
2.6.1.4.7. Capacidad antioxidante.....	19
2.6.1.4.8. Actividad antiinflamatoria	19
2.6.1.4.9. Actividad antidiabética	19
2.6.2. Marco conceptual	19
2.7. Metodología del proyecto de investigación	22
2.7.1. Tipos de investigación	22
2.7.1.1. Investigación explorativa	22
2.7.1.2. Investigación experimental	22
2.7.1.3. Investigación cualitativa.....	22
2.7.2. Método de investigación	22
2.7.2.1. Método experimental	22
2.7.2.2. Método científico	23
2.7.3. Técnicas de investigación	23
2.7.3.1. Observación	23

2.7.3.2. Consulta	23
2.7.4. Instrumentos de investigación	23
2.7.4.1. Para la observación	23
2.7.4.2. Equipos de laboratorio	23
2.7.4.3. Software estadístico	24
2.7.4.4. Datos bibliográficos	24
2.7.5. Materiales y metodología	24
2.7.5.1. Materias primas	24
2.7.5.2. Metodología para obtención de la fibra	25
2.7.5.2.1. Extracción seca- amargo	25
2.7.5.2.2. Extracción húmeda- desamargado	28
2.7.5.3. Metodología para análisis de características químicas.....	31
2.7.5.3.1. Determinación de celulosa, hemicelulosa a y b	31
2.7.5.3.2. Determinación de lignina.....	33
2.7.5.3.3. Determinación de pentosanas, pectinas y galactanas	35
2.7.5.3.4. Determinación de fibra cruda	37
2.7.5.3.5. Determinación de fibra dietética insoluble y soluble	38
2.7.5.3.6. Determinación de calcio	40
2.7.5.3.7. Determinación de alcaloides.....	41
2.7.5.4. Metodología para análisis de propiedades funcionales	42
2.7.5.4.1. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico	42
2.7.5.4.2. Determinación de CAMO.....	45
2.7.5.4.3. Determinación del IAA, ISA, PH.....	46
2.7.5.4.4. Determinación de compuestos fenólicos totales.....	48
2.7.5.4.5. Determinación de la capacidad antioxidante – ABTS.....	51
2.7.5.4.6. Determinación de la capacidad antioxidante – DPPH	53
2.7.5.4.7. Determinación de la actividad antiinflamatoria.....	54
2.7.5.4.8. Determinación de la actividad antidiabética.....	55
2.8. Hipótesis o preguntas científicas	56
2.9. Diseño experimental	57
2.9.1. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de A x B con 3 repeticiones .	57
2.9.2. Factores de estudio	57
2.9.3. Tratamientos.....	58
2.9.4. Análisis de varianza	58

2.9.5. Variables dependientes e independientes.....	59
2.10. Análisis y discusión de resultados	60
2.10.1. Componentes de la fibra dietética de cuatro variedades de chocho	60
2.10.2. Características químicas de la fibra de cuatro variedades de chocho	65
2.10.3. Propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho	71
2.10.4. Actividades antioxidantes, antiinflamatoria y antidiabética	75
3. IMPACTOS DEL PROYECTO	80
3.1 Impactos técnicos.....	80
3.2. Impactos sociales	80
3.3. Impactos ambientales.....	81
3.4. Impactos económicos.....	81
4. RECURSOS Y PRESUPUESTO	81
5. CONCLUSIONES.....	85
6. RECOMENDACIONES	86
7. BIBLIOGRAFÍA.....	87
8. ANEXOS	99

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla N° 2. Clasificación taxonómica del chocho.....	9
Tabla N° 3. Características de calidad del grano	10
Tabla N° 4. Macronutrientes del chocho	11
Tabla N° 5. Micronutrientes del chocho	12
Tabla N° 6. Variedades de chocho	12
Tabla N° 7. Materiales utilizados para la obtención de fibra - amargo	25
Tabla N° 8. Materiales utilizados para la obtención de fibra - desamargado	28
Tabla N° 9. Materiales utilizados en determinación de celulosa, hemicelulosa.....	31
Tabla N° 10. Materiales utilizados en determinación de fibra detergente ácida.....	33
Tabla N° 11. Materiales utilizados en determinación de fibra detergente neutra	34
Tabla N° 12. Materiales utilizados en determinación de componentes de la fibra.....	35
Tabla N° 13. Materiales utilizados en determinación de fibra cruda.....	37
Tabla N° 14. Materiales utilizados en determinación de fibra insoluble y soluble	38

Tabla N° 15. Materiales utilizados en determinación de calcio.....	40
Tabla N° 16. Materiales utilizados en determinación de alcaloides	41
Tabla N° 17. Materiales utilizados en determinación de CIC	42
Tabla N° 18. Materiales utilizados en determinación de CAMO	45
Tabla N° 19. Materiales utilizados en determinación de IAA, ISA, PH	46
Tabla N° 20. Materiales utilizados en determinación de CFT.....	48
Tabla N° 21. Materiales utilizados en determinación de antioxidantes ABTS.....	51
Tabla N° 22. Materiales utilizados en determinación de antioxidantes DPPH.....	53
Tabla N° 23. Materiales utilizados en determinación de actividad antiinflamatoria ..	54
Tabla N° 24. Materiales utilizados en determinación de actividad antidiabética	55
Tabla N° 25. Factores de estudio	57
Tabla N° 26. Tratamientos	58
Tabla N° 27. Cuadro de análisis de varianza	58
Tabla N° 28. Variables dependientes e independientes.....	59
Tabla N° 29. Resultados obtenidos de los componentes de la fibra dietética.....	60
Tabla N° 30. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Celulosa.....	61
Tabla N° 31. Prueba de Tukey (variedad* método de extracción) - Hemicelulosa....	61
Tabla N° 32. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Lignina	62
Tabla N° 33. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Pentosanas	63
Tabla N° 34. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Pectina	64
Tabla N° 35. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Galactanas	65
Tabla N° 36. Resultados obtenidos de la fibra dietética	65
Tabla N° 37. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) – F. Cruda.....	66
Tabla N° 38. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Insoluble	67
Tabla N° 39. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Soluble.....	68
Tabla N° 40. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - FDT	69
Tabla N° 41. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Calcio	70
Tabla N° 42. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Alcaloides	71
Tabla N° 43. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales.....	71
Tabla N° 44. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - CIC	72
Tabla N° 45. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - CAMO.....	73
Tabla N° 46. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - IAA.....	73
Tabla N° 47. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - ISA	74

Tabla N° 48. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - PH.....	75
Tabla N° 49. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales.....	75
Tabla N° 50. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) – fenoles totales .	76
Tabla N° 51. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - ABTS.....	77
Tabla N° 52. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - DPPH.....	77
Tabla N° 53. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción)-Antiinflamatoria	78
Tabla N° 54. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Antidiabética....	79
Tabla N° 55. Presupuesto del proyecto.....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Control de plagas y enfermedades.....	11
Figura N° 2. Separación del cotiledón y cáscara de chocho	25
Figura N° 3. Obtención de la fibra (polvo fino).....	26
Figura N° 4. Peso de la fibra obtenida.....	26
Figura N° 5. Diagrama de flujo del método de extracción de fibra- Amargo	27
Figura N° 6. Cotiledón del chocho.....	28
Figura N° 7. Secado de la cáscara de chocho	29
Figura N° 8. Almacenamiento de la fibra en envases.....	29
Figura N° 9. Diagrama de flujo del método de extracción de la fibra-Desamargado	30
Figura N° 10. Determinación de celulosa	31
Figura N° 11. Muestras en centrifugación.....	32
Figura N° 12. Residuo en congelación.....	32
Figura N° 13. Medición de pH	36
Figura N° 14. Determinación de pectina	36
Figura N° 15. Digestión de las muestras para determinar fibra cruda	37
Figura N° 16. Ebullición de muestras para determinar FDI y FDS	39
Figura N° 17. Adición de enzimas.....	39
Figura N° 18. Titulación con NaOH al 0.01 N.....	42
Figura N° 19. Destilación de las muestras	44
Figura N° 20. Muestras para determinar moléculas orgánicas.....	45
Figura N° 21. Muestras para centrifugación	46
Figura N° 22. Sobrenadante en cajas Petri	47

Figura N° 23. Extractos de fibra.....	49
Figura N° 24. Muestras para medir en el espectrofotómetro	50
Figura N° 25. Muestras terminadas para determinar ABTS.....	52
Figura N° 26. Muestras terminadas para determinar DPPH	54
Figura N° 27. Muestras terminadas para determinar antiinflamatoria	55
Figura N° 28. Muestras terminadas para determinar antidiabética	56

INTRODUCCIÓN

El chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), es una leguminosa andina de alto valor nutricional cultivada principalmente en la región Sierra del Ecuador, reconocida por su alto contenido de proteína del 45%, aceites del 18 % al 22%, fibra 10%, carbohidratos, vitaminas y minerales como es el calcio con un promedio del 0.48%. En particular, la fibra presente en el grano y su cáscara constituyen un componente de interés debido a sus efectos fisiológicos beneficiosos y su potencial como ingrediente funcional en la industria alimentaria. Sin embargo, durante el procesamiento del chocho, la cáscara es frecuentemente descartada, generando un desaprovechamiento de un subproducto con alto contenido de compuestos bioactivos **(Rodas, 2021)**.

Diversos estudios han señalado que la fibra proveniente de leguminosas contiene polisacáridos estructurales y funcionales como celulosa, hemicelulosa, lignina, pentosanas, pectinas y galactanas, los cuales influyen directamente en propiedades fisiológicas y tecnológicas. No obstante, la información científica relacionada con la composición química y las propiedades funcionales de la fibra de diferentes variedades de chocho, así como la influencia del método de extracción, es limitada. Esta carencia de datos técnicos dificulta su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales y restringe el aprovechamiento integral del cultivo dentro de esquemas de sostenibilidad y economía circular **(López Guerrero et al., 2023)**.

Frente a esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo general determinar las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), con el fin de establecer su potencial para aplicaciones alimentarias. Para su cumplimiento se plantearon como objetivos específicos: extraer la fibra de cada variedad de chocho mediante métodos estandarizados con el fin de obtener muestras representativas para el análisis químico; analizar la composición química de las fibras, enfocándose en componentes como celulosa, hemicelulosa y lignina, para determinar su potencial alimenticio y evaluar sus propiedades funcionales de las fibras como capacidad antioxidante, actividad antiinflamatoria y actividad antidiabética a fin de establecer sus posibles aplicaciones industriales.

La investigación se desarrolló utilizando cuatro variedades de chocho: Andino, Dulce blanco, Dulce ceja café, Dulce ceja amarilla, aplicando dos métodos de extracción de fibra: Vía

seca (amargo) y vía húmeda (desamargado). Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial A*B, lo que permitió evaluar de manera estadística el efecto de la variedad y el método de extracción sobre las variedades analizadas. Los análisis se realizaron mediante técnicas de laboratorio estandarizadas y el procesamiento estadístico se efectuó con el software InfoStat, garantizando la confiabilidad de los resultados.

Los resultados obtenidos demuestran que tanto el material genético como el método de extracción influyeron significativamente en las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho. Se evidenciaron diferencias estadísticas en los contenidos de celulosa, hemicelulosa, lignina, pentosanas, pectinas, galactanas, fibra cruda, fibra dietética insoluble y soluble, calcio, alcaloides.

Asimismo, las propiedades funcionales mostraron variaciones notables, en capacidad de intercambio catiónico, capacidad de absorción de moléculas orgánicas, índice de absorción de agua, índice de solubilidad de agua, poder de hinchamiento, compuestos fenólicos, actividad antioxidante por ABTS y DPPH, actividad antiinflamatoria y actividad antidiabética. El método de extracción desamargado sobresale con valores superiores en las características químicas, mientras que el método de extracción amargo prevalece con altos valores en las propiedades funcionales.

En síntesis, los tratamientos mostraron distintos valores destacados en cada característica química y propiedad funcional. Sin embargo, el tratamiento t8 (dulce ceja amarilla desamargado) se considera el mejor de forma integral, ya que presentó los resultados más favorables en varios componentes nutricionales y propiedades funcionales de interés alimenticio. La información generada en esta investigación respalda el aprovechamiento de la cáscara de chocho, contribuye a la valorización de subproductos agroindustriales y constituye una base científica para futuras investigaciones orientadas al desarrollo de alimentos saludables y sostenibles.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto de Investigación: Estudio de las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*).

Fecha de inicio: Abril 2025

Fecha de finalización: Marzo 2026

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3, Universidad Técnica de Cotopaxi “CAREN”, ubicado a 5 km de la Panamericana Latacunga-Salcedo, sector occidental.

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi – Estación Experimental

Santa Catalina INIAP

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutora: Ing. Zambrano Ochoa Zoila Eliana, Mg.

Cotutora: Ing. Villacrés Poveda Clara Elena, PhD.

Coordinadoras del Proyecto:

Alomoto Chamorro Lizbeth Estefania / Tayo Simaluisa Angela Fernanda

Teléfonos: 0939135874 / 0992945491

Correo electrónico:

lizbeth.alomoto8970@utc.edu.ec/angela.tayo1589@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

- **Área:** Ingeniería, industria y construcción
- **Sub-área:** Industria y construcción

Línea de investigación:

- **Línea:** Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.
- **Sub línea:** Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1. Planteamiento del problema

El chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) es considerado como una leguminosa andina que contiene un alto contenido de proteína y fibra dietética. Pero a pesar de que posee valiosas propiedades nutricionales, la fibra de sus diferentes variedades ha sido escasamente analizada desde el aspecto químico y funcional, especialmente como parte dentro de la industria alimentaria. Las variedades INIAP-450 Andino, Dulce blanco, Dulce ceja café, Dulce ceja amarilla se diferencia por tener diferente genética en la que significativamente influye en su composición química y funcional de sus fibras, por lo cual no existen estudios comparativos al respecto.

Dentro de la falta de conocimiento se ha considerado como un impedimento en el desarrollo de nuevos productos agroindustriales basados en la fibra andina, a su vez genera un desaprovechamiento del subproducto que suele desecharse durante el procesamiento del grano o su consumo directo.

Como unas de las principales causas se ha considerado los suficientes estudios científicos enfocados en la caracterización de la fibra de diferentes variedades de chocho, si estos problemas se mantienen se implanta dentro de la industria alimentaria que no contara con datos técnicos para formular alimentos a partir de subproductos del chocho, también se limitara el desarrollo de estrategias sostenibles y de economía circular en las zonas productoras.

2.2. Marco contextual

El chocho conocido por su nombre científico (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa que presenta alto valor nutricional, tradicionalmente cultivada en países como Ecuador, Perú y Bolivia como lo menciona (Caicedo et al., 2015). El estudio sobre las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de una variedad andina tradicional (INIAP 450-Andino) y tres variedades mejoradas genéticamente, se realiza con el propósito de aportar información científica actualizada sobre este cultivo de alto valor nutricional y potencial agroindustrial. El chocho, además de ser una fuente importante de proteínas y compuestos bioactivos, contiene fibra con propiedades funcionales que pueden contribuir al desarrollo de alimentos saludables y al aprovechamiento integral del grano.

La investigación se debe por la necesidad de conocer como las mejoras genéticas influyen en la composición química y funcional de la fibra, lo cual permitirá seleccionar variedades con mejores características nutricionales. Desde el punto de vista teórico, los

resultados fortalecerán el conocimiento sobre la relación entre la genética y las propiedades del chocho. En lo práctico, aportarán información útil para la industria alimentaria adicional a los programas de mejoramiento de cultivos y los productores agrícolas interesados en optimizar la calidad de sus productos según (Villacrés et al., 2006).

Este estudio beneficiará principalmente a investigaciones futuras, tecnólogos de alimentos, agricultores y pequeñas industrias procesadoras que buscan alternativas locales con alto valor agregado. Su impacto radica en fomentar la innovación agroalimentaria, así mismo impulsar el consumo de productos andinos sostenibles, también promover el aprovechamiento del chocho como un recurso funcional y competitivo tanto en el mercado nacional como internacional.

2.3. Formulación del problema

¿Cuáles son las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)?

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

- Determinar las características químicas y propiedades funcionales de la fibra presente en cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), con el fin de determinar su potencial para aplicaciones alimentarias.

2.4.2. Objetivos específicos

- Extraer la fibra de cada variedad de chocho mediante técnicas estandarizadas con el fin de obtener muestras representativas para el análisis químico.
- Analizar la composición química de las fibras, enfocándose en componentes como celulosa, hemicelulosa y lignina, para determinar su potencial alimenticio.
- Evaluar las propiedades funcionales de las fibras como capacidad antioxidante, actividad antiinflamatoria y actividad antidiabética a fin de establecer sus posibles aplicaciones industriales.

2.5. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla N° 1. Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivo	Actividad	Metodología	Resultado
Extraer la fibra de cada variedad de chocho mediante técnicas estandarizadas con el fin de obtener muestras representativas para el análisis químico.	<p>Recepción y clasificación de las cuatro variedades de chocho.</p> <p>Extracción en crudo (vía seca) amargo y cocido (vía húmeda) desamargado.</p> <p>Preparación y acondicionamiento de las semillas.</p> <p>Desamargado: Remojo inicial.</p> <p>Lavado continuo de 2 a 5 días.</p> <p>Método de extracción por descortezado y molienda (seca).</p> <p>Preparación de muestras para análisis.</p>	<p>Selección y clasificación por variedad para mantener la pureza genética.</p> <p>Metodología de desamargado.</p> <p>Aplicación del método de extracción de la fibra seca.</p> <p>Determinación de un peso específico para cada análisis.</p>	Muestras de fibra, representativas de cada variedad de chocho, listas para el análisis químico.
Analizar la composición química de las fibras, enfocándose en componentes como celulosa, hemicelulosa y lignina, para determinar su potencial alimenticio.	<p>Realización de análisis químicos para identificar y cuantificar celulosa, hemicelulosa y lignina, fibra cruda, fibra dietética soluble e insoluble.</p> <p>Preparación de muestras para análisis.</p>	<p>Celulosa, hemicelulosa:(Villacrés et al., 2013)</p> <p>Lignina: Método de Van Soest</p> <p>Pentosanas, pectinas, galactanas:(Villacrés et al., 2013)</p> <p>Fibra cruda: Método de Weende</p> <p>Fibra dietética insoluble y soluble: Método AOAC 985.29 Y Método AACC 32-05.01</p> <p>Calcio: Método de Van Soest.</p> <p>Alcaloides:(Gross, 1982)</p> <p>Determinación de un peso específico para cada análisis.</p>	Cuantificación de la composición química de las fibras de las cuatro variedades de chocho.

<p>Evaluar las propiedades funcionales de las fibras como capacidad antioxidante, actividad antiinflamatoria y actividad antidiabética a fin de establecer sus posibles aplicaciones industriales.</p>	<p>Realización de los análisis para identificar y cuantificar sus propiedades funcionales.</p>	<p>CIC: (Villacrés et al., 2013) CAMO: (McConell et al., 1974) IAA, ISA, PH: (Anderson et al., 1970) Compuestos fenólicos: (Waterhouse, 2002) Actividad antioxidante: Método ABTS descrito por (Re et al., 1999)y Método DPPH descrito por (Thaipong et al., 2006) Actividad antiinflamatoria: Método descrito por (Chandra et al., 2012) Actividad antidiabética: Método descrito por (Sarmiento, 2012)</p>	<p>Perfil funcional de cada fibra, de las cuatro variedades de chocho con datos comparativos para su aplicación potencial en la industria alimentaria.</p>
--	--	--	--

Elaborado por: *(Alomoto & Tayo, 2026)*

2.6. Fundamentación teórica o Marco referencial

De acuerdo con **(Llerena, 2022)** con su artículo de investigación titulado “Beneficios del chocho para mejorar la nutrición” en la cual describe que el chocho tiene un alto valor nutricional por lo que aporta macro y micronutrientes en el uso diario. En especial si es por el método desamargado, dentro de este grano andino también se lo considera medicinal, por ellos este artículo busca difundir las propiedades nutricionales que tiene de mayor importancia esta leguminosa.

Según lo menciona **(Ramírez, 2017)** en su proyecto de investigación titulado “Efecto del proceso de desamargado y fermentado en el contenido de fibra dietética y almidón en tres variedades de chocho (Andino INIAP 450, Criollo y Guaranguito INIAP 451)” nos recalca que el uso del chocho dentro del consumo diario debería de ser alrededor de 50 gr de chocho al día, además destaca un dato novedoso sobre que el chocho fermentado se puede consumir frito o se puede elaborar carne a base de estos mismo.

Tal como indica **(García Aguirre, 2018)** en su proyecto de Investigación titulado “Determinación del efecto del desamargado y fermentado en el contenido de compuestos con capacidad antioxidante de tres variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*)” nos da a conocer que el proceso de desamargado produce una reducción en los compuestos antioxidantes de las tres variedades de chocho y que a su vez la capacidad antioxidante se

llega a incrementar cuando el chocho es sometido a un proceso de fermentación, tanto con cáscara como sin cáscara.

2.6.1. Marco teórico

2.6.1.1. El chocho

El chocho es una leguminosa de alto valor nutritivo, que se distingue por su alto contenido de proteína (45 a 51%), grasas y es abundante en lisina. El mineral predominante en el chocho es el calcio que se localiza principalmente en la cáscara por eso es recomendable consumir sin pelar. Al calcio le sigue en importancia el fósforo, su concentración promedio en el grano es de 0,43%. Actúa como un controlador del calcio, para mantener el sistema óseo, actividad del músculo cardíaco y producir energía. Entre los microelementos, en el chocho sobresale el hierro (74,25 ppm), mineral básico para producir hemoglobina, transportar oxígeno e incrementar la resistencia a las enfermedades (**López, 2023**).

Es considerado una herbácea erecta de tallos robustos, algo leñosa, que puede alcanzar una altura de 1,8 a 2 m. Se cultiva principalmente entre los 2000 y 3800 metros de altura, en climas templados y fríos. El chocho es un producto de los pueblos andinos. Se cultiva chocho cuando la tierra no tiene suficientes nutrientes, por su característica fertilizante pues logra que se fije el nitrógeno atmosférico al suelo. La planta de chocho se encuentra en su floración en los meses de febrero y marzo (**Loja & Orellana, s. f.**).

2.6.1.1.1. Origen del chocho

El chocho fue cultivado desde hace muchos siglos, oriundo de los andes sudamericanos y que pertenece a la familia leguminosae, cuyo nombre científico es *lupinus mutabilis Sweet*; es la única especie americana domesticada y cultivada como una leguminosa, poco conocida en nuestro ámbito alimenticio, pero con un alto valor proteínico, se pueden realizar e innovar diferentes y exquisitos platos, los mismos que van a incentivar el consumo masivo en diferentes centros de expendio con la presentación de nuevas recetas de acuerdo a las exigencias del medio y de su paladar. En la actualidad se cultiva en grandes parcelas con fines comerciales por su valor proteínico, por la concentración y elevada riqueza de savia que poseen, por ser una valiosa fuente de calcio, fósforo, magnesio, hierro, zinc, proteína, aceite, y nutrientes comparables con la soya; para la producción de alimentos para el consumo del hombre: leche, aceite, harina.

El chocho se usa también para curar diferentes enfermedades, incluso los alcaloides son usados para realizar baños para el reumatismo, artritis entre otros y como laxante digestivo.

Sus raíces son profundas y verticales, su tallo robusto y leñoso, sus hojas parecidas a una mano con ocho folíolos, sus flores con una corola grande con 5 pétalos; existen hasta mil flores y su fruto se encuentra dentro de una vaina. Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los Andes. Se selecciona la planta para obtener un producto apto, el suelo debe de ser rico y tener un balance adecuado de nutrientes, especialmente el potasio y el fósforo. Existe un mercado potencial muy grande para la exportación. Entre los posibles compradores se encuentran Estados Unidos, España, Italia, Alemania, y China (Loja & Orellana, s. f.).

2.6.1.1.2. Descripción botánica del chocho

La raíz de chocho es pivotante, profundizada, con nudos, nitrificantes, los cuales ayudan a fijar el nitrógeno atmosférico a la planta. Posee un tallo semileñoso de forma circular, en su interior presenta un tejido esponjoso con abundancia ramificación cuya altura depende del eco tipo este oscila 50 y 280m.

Sus hojas son compuestas de cinco o más folíolos. Las flores tienen forma de abanico; la corola está formada por 5 pétalos y la quilla envuelve el pistilo a los diez estambres. El chocho al ser una especie autógama puede alcanzar un 40% de alogamia, según las condiciones de donde crezca la planta. El fruto es una vaina alargada de 5 a 12 cm y contiene de 3 a 8 gramos, son ovalados, comprimidos en la superficie y el color va desde blanco puro hasta negro (Villacrés et al., 2006).

2.6.1.1.3. Clasificación taxonómica del chocho

Tabla N° 2. Clasificación taxonómica del chocho

División	Espermatofita
Sub división	Angiosperma
Clase	Dicotiledóneas
Sub clase	Arquiclamídeas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosas
Sub familia	Papilionoideas
Tribu	Genisteas
Género	Lupinus
Especie	Mutabilis
Nombre científico	Lupinus mutabilis Sweet
Nombres comunes	Chocho, tahuri, tarwi

Fuente: (Villacrés et al., 2006)

2.6.1.1.4. Características de calidad del grano de chocho

Tabla N° 3. Características de calidad del grano

Parámetro	Valor
Color de grano seco	Blanco-crema
Forma de grano	Oval aplanado
Tamaño de grano (nm)	8
Alcaloides (% Lupanina)	3,92
Grano de primera (%) *	83,1
Proteína (%)	45,02
Fibra cruda (%)	10,31
Grasa (%)	19,07
Calcio (%)	0,14
Energía (cal g⁻¹)	5668
Azúcares totales (%)	6,45
Almidón total (%)	2,99

**Selección con tamiz de 8mm*

Fuente: (Villacrés et al., 2013)

2.6.1.1.5. Manejo del cultivo

Según (Villacrés et al., 2013) el cultivo de chocho contempla un manejo agronómico específico, en el cual se detallan secuencialmente las etapas de planificación y culminación con la siembra:

Preparación del suelo

Se recomienda un suelo arenoso donde se pueda realizar labores de rastra y surcada con tractor o el uso de yunta, en tal caso que permita labores de arada.

Siembra

Se estima que se realice las siembras en diciembre a marzo, la cantidad de semillas utilizadas en este caso se estima de 40 a 50 kg de semilla por hectáreas con una distancia de 60 a 80 cm entre surcos.

Control de malezas

Se puede realizar de manera manual la primera deshierba o rascadillo entre los 30 a 45 días la segunda deshierba a los 60 días, en el caso de realizar el control de maleza de manera química se recomienda aplicar Paraquat (Gramoxone), en dosis de dos litros por hectáreas.

Control de plagas y enfermedades

En el caso que sea necesario y solo si se comprueba la alguna plaga o una enfermedad se aplica plaguicidas.

Figura N° 1. Control de plagas y enfermedades

PLAGA	CONTROL
Mosca de la semilla	Gaicho (Imidacloprid): 3 cc/kg semilla Semevin (Thiodicarb): 20 cc/kg semilla Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha (en drench) Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha (en drench)
Trozadores	Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha
Cutzo	<i>Beauveria</i> sp., o preparación anticipada de suelos.
Chinche	Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha
Barrenador del ápice	Deltrametrina (Decis): 400 cc/ha
Barrenador del tallo	Orthene 75 (Acefato): 500 g/ha
Trips	Spinosad (Tracer 120 SC): 150 cc/ha Cigarral (Imidacloprid): 600 cc/ha
Plagas del grano en campo	Cosecha oportuna
ENFERMEDAD	CONTROL
Antracnosis	Benlate (Benomil): 250 g/ha Derosal 500 SC (Carbendazim) 240 cc/ha
Cercospora	Kocide 101 (Hidróxido de cobre): 750 cc/ha

Fuente: (Villacrés et al., 2006)

Cosecha y trilla

Para el grano comercial se corta los racimos de vainas con una hoz o de manera manual, en el caso para semilla se selecciona las plantas y se cosecha por separado los ejes centrales. La trilla se puede realizar de manera manual o con trilladoras estacionarias.

Secado y clasificado

Consiste en secar el grano hasta obtener un porcentaje de 12 a 13% de humedad. Para realizar su clasificación se utiliza de 4mm de diámetro para poder eliminar impurezas y un tamiz de 8 mm para separar el grano de mejor calidad.

Almacenamiento

Para mantener en buen estado las semillas se utiliza bodegas con ventilación que sea libre de insectos y con baja humedad relativa.

2.6.1.1.6. Composición nutricional del chocho

Los granos de chocho no contienen factores termolábiles antinutritivos, debido a las bajas concentraciones de inhibidores de tripsina y hemaglutininas. Por otra parte, se ha determinado que las proteínas del chocho son altas, encontrándose sobre 80%, considerando que posee un alto valor de digestibilidad considerando a un 92%.

Tabla N° 4. Macronutrientes del chocho

Componente	MACRONUTRIENTES	
	CHOCHO AMARGO (%)	CHOCHO DESAMARGADO (%)
Proteína	47,80	54,05
Grasa	18,90	21,22
Fibra	11,07	10,37
Cenizas	4,52	2,54
Extracto libre de nitrógeno	17,62	11,82

Fuente: (Rosero, 2024)





Tabla N° 5. Micronutrientes del chocho

MICRONUTRIENTES		
Componente	CHOCHO AMARGO (%)	CHOCHO DESAMARGADO (%)
Potasio	1,22	0,02
Magnesio	0,24	0,07
Calcio	0,12	0,48
Fósforo	0,60	0,43
Hierro	78,45	74,25
Zinc	42,84	63,21
Magnesio	36,72	18,47
Cobre	12,65	7,99
Alcaloides	3,26	0,03

Fuente: (Rosero, 2024)

2.6.1.1.7. Genotipos de estudio

Tabla N° 6. Variedades de chocho

Genotipo	Descripción
<p>INIAP 450-Andino</p> 	<p>Fue introducida al Banco de Germoplasma del INIAP con la identificación de ECU-2659. Primera variedad mejorada en 1999. Es de color blanco o amarillo y tiene forma ovalada comprimida (Caicedo et al., 2015).</p>
<p>Dulce Blanco</p> 	<p>Esta variedad es una mejora genética, este grano se lo identifica por medio de su color que es blanco entero sin ningún identificativo adicional, este grano en particular es más pequeño que en comparación al INIAP 450.</p>
<p>Dulce Ceja Café</p> 	<p>Esta variedad es una mejora genética, este grano se lo identifica por medio de su color blanco con la única diferencia de que posee una línea o curva entre la mitad del grano de color café oscuro.</p>
<p>Dulce Ceja Amarilla</p> 	<p>Esta variedad es una mejora genética, este grano se lo identifica por medio de su color blanco con una diferencia especial, ya que posee una línea o curva entre la mitad del grano de color amarillo.</p>

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.6.1.2. Fibra dietética

La fibra dietética se ha descrito en términos de su solubilidad. La fibra dietética insoluble se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina, mientras que la fibra dietética soluble se compone principalmente de polisacáridos no celulósicos, como pectina, gomas y mucilagos. La división de la fibra en solubles e insolubles se basó en las diferencias en su efecto fisiológico: originalmente se pensaba que la fibra soluble tenía más probabilidades de reducir los lípidos y la glucosa en la sangre, mientras que la fibra insoluble tenía más probabilidades de mejorar la laxación (**Korczak & Slavin, 2020**).

La fibra dietética se considera un componente esencial de la dieta de un niño sano. Las dietas de niños sanos con una ingesta adecuada de fibra dietética se caracterizan por una mayor calidad, una mayor densidad de nutrientes y una mayor ingesta de vitaminas y minerales en comparación con las dietas de niños con una ingesta deficiente de fibra dietética (**Snauwaert et al., 2023**).

2.6.1.2.1. Clasificación de la fibra dietética

La FD tiene diversas clasificaciones, las cuales dependen del área de interés que se analice, las principales se basan en su origen, composición molecular (como grado de polimerización, peso molecular, tipos de enlaces químicos, componentes unidos en los extremos terminales), y en los efectos funcionales que brinda a los alimentos y en el lumen gastrointestinal, A continuación según menciona (**Alanís-García et al., 2021**), sobre algunas de estas clasificaciones:

- A. Clasificación según su origen: se distinguen tres principales categorías: FD de cereales, de fruta y de vegetales.
- B. Clasificación basada en la composición química: se encuentran los polisacáridos sin almidón, oligosacáridos resistentes (celulosa, hemicelulosa, pectina, gomas, mucilagos, galacto-oligosacaridos y fructanos), almidón resistente, lignina y sustancias vegetales (ceras, fitato, cutina, saponinas, suberina y taninos, estrechamente ligados al complejo de polisacáridos y ligninas sin almidón)
- C. Clasificación según sus efectos funcionales.

2.6.1.2.2. Beneficios de la fibra

La evidencia dicha por (**Snauwaert et al., 2023**) sugiere que la fibra dietética y, por extensión, una dieta basada en leguminosas con su contenido típicamente más alto de fibra dietética son tan importantes para los niños con enfermedades renales como para los niños sanos. La fibra dietética aporta varios beneficios para la salud, como la prevención del

estreñimiento y la disminución de los síntomas gastrointestinales, la reducción del estado inflamatorio y la disminución de la producción de toxinas urémicas de origen intestinal. Estudios recientes han cuestionado la idea de que una ingesta elevada de fibra dietética confiera un mayor riesgo de hiperpotasemia o déficits nutricionales en niños con enfermedades renales. Existe una necesidad urgente de nuevos estudios y directrices revisadas que aborden la ingesta de fibra dietética en niños con enfermedades renales.

Dada la plétora de evidencia científica que corrobora los múltiples y variados beneficios para la salud de la fibra dietética y los riesgos asociados con una dieta que carece de fibra, la optimización de la fibra en nuestras dietas representa una importante estrategia de salud pública para mejorar tanto la salud metabólica como la general. Si se implementa con éxito, esta estrategia probablemente resultaría en beneficios futuros sustanciales para la salud de la población (**Barber et al., 2020**).

2.6.1.3. Características químicas de la fibra de chocho

2.6.1.3.1. Celulosa

La celulosa es un carbohidrato complejo formado por largas cadenas de glucosa unidas entre sí mediante enlaces β -1,4, lo que le da gran rigidez y resistencia, es el componente principal de la membrana celular en todas las plantas superiores, incluidas las especies leñosas. La celulosa se compone de sustancias como la lignina, las hemicelulosas y los extraíbles (**Ionut-FLAVIUS & BUTNARIU, 2022**).

2.6.1.3.2. Hemicelulosa

Es considerado un polisacárido estructural que forma parte de la pared celular de las plantas junto con la celulosa y lignina, este carbohidrato complejo está constituido por diversos azúcares como xilosa, arabinosa, manosa, galactosa y glucosa, unidos en cadenas más cortas y ramificadas que las de la celulosa. La hemicelulosa une y estabiliza las fibras de la celulosa también aporta flexibilidad a la pared celular. Existe mayor cantidad de hemicelulosa en las cáscaras de las semillas (**Arias et al., 2025**).

2.6.1.3.3. Lignina

La lignina es un hetero polímero que forma parte de la pared celular del tejido vascular de las plantas como lo menciona (**Maceda et al., 2021**) es la que provee rigidez estructural, así como resistencia a la tensión y presión hídrica. La lignina y la celulosa son los principales componentes de la biomasa que pueden ser utilizados en la obtención de productos renovables o en la formación de nuevos productos industriales, este estudio

determina la evaluación de calidad y funcionalidad de los materiales vegetales ya que la lignina aporta resistencia y protección al tejido vegetal.

2.6.1.3.4. Pentosanas.

Las pentosanas son polisacáridos de la hemicelulosa que estas formados por pentosas, se encuentra en granos, frutas y legumbres. Las pentosanas se utilizan en la industria panadera para aumentar la capacidad de retención de agua. Naturalmente se encuentra en las plantas dentro de la celulosa, constituyen la mayor parte de la fibra dietética en muchos cereales (SUNYuan-lin, SHANFang, ZHAOLi-ping, 2012).

2.6.1.3.5. Pectinas

La pectina es un componente de la pared celular que actual como cementante, ayudando a dar composición y rigidez a los órganos vegetales, principalmente se encuentra en las frutas, que industrialmente son la fuente de extracción más habitual de pectinas para usos industriales, Su amplia utilización por parte de la industria la hace un componente fundamental como es el caso de la industria comestible, donde es utilizada como gelificante de alimentos procesados y en la industria farmacéutica. Los desechos de la agroindustria están tomando importancia como fuente de pectinas, ayudando así a disminuir el impacto ambiental y generando valor agregado a estos desechos (González et al., 2022).

2.6.1.3.6. Galactanas

Las galactanas son polisacáridos formados principalmente por unidades de galactosa que se encuentran como componentes estructurales de las paredes celulares de las plantas y en cadenas laterales de pectinas como la ramnogalacturonana-I. Estas moléculas pueden encontrarse decoradas con otros azúcares, formando estructuras complejas en la fibra de frutas, verduras y otras partes de plantas, esta se considera parte de la fibra soluble fermentable, ya que pueden ser degradadas por el microbiota intestinal en el colon, contribuyendo a la producción de metabolitos beneficiosos y a las propiedades funcionales de la fibra alimentaria (Wefers et al., 2014).

2.6.1.3.7. Fibra cruda

La Fibra Cruda es un material variable en cuanto a sus cualidades nutricionales, dependiendo de su composición y propiedades físicas. La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra en las condiciones descritas. Este se obtiene por métodos gravimétricos tradicionales, está constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en la pared celular vegetal.(Fajardo & Criollo, 2010).

2.6.1.3.8. Fibra dietética insoluble

Como lo menciona (**Hernández, s. f.**), la fibra dietética insoluble es la fracción de la fibra presente en los alimentos de origen vegetal que no se disuelven en agua y que pasa a través del tracto gastrointestinal casi sin cambiar su estructura física o química. Esta fibra está formada principalmente por celulosa, algunas hemicelulosas y lignina, que resisten la digestión y fermentación por el microbiota intestinal, por lo que aumentan el volumen fecal y aceleran el tránsito intestinal favoreciendo la regularidad y ayudando a prevenir el estreñimiento. Además, la fibra insoluble retiene agua dentro de su matriz, lo que contribuye a formar heces más suaves y voluminosas y reduce el tiempo de contacto de sustancias nocivas con la mucosa del colon, lo que podría tener efectos protectores contra ciertos trastornos digestivos. Esta fracción representa una parte importante de la fibra total en la dieta humana y se encuentra abundantemente en cereales integrales, salvado, legumbres, y vegetales. Su presencia en alimentos vegetales está relacionada con beneficios fisiológicos importantes para la salud intestinal y general.

2.6.1.3.9. Fibra dietética soluble

Las fibras dietéticas solubles están presentes en pequeñas cantidades en casi todos los productos básicos. Las propiedades beneficiosas de las FDS se han asociado con su importante papel en la función fisiológica humana. La reducción de colesterol y la presión arterial, la prevención de problemas gastrointestinales. La protección contra la aparición de diversos tipos de cáncer, como el colorrectal, el de próstata y el de mama, el aumento de la biodisponibilidad mineral, entre otros, son las características más destacadas de su potencial (**Chawla & Patil, 2010**).

2.6.1.3.10. Calcio

El calcio es un micronutriente del grupo de los minerales que debe, siempre, formar parte de nuestra dieta. Es el elemento mineral más abundante en nuestro organismo, ya que forma parte importante del esqueleto y los dientes. Supone alrededor del 2% del peso corporal; en cifras absolutas, aproximadamente 1.200 g (**Martínez de Victoria, 2016**). Es un mineral esencial presente en cantidades apreciables que constituye al valor nutricional total de algunos granos. El calcio juega un papel importante en la nutrición humana al ser esencial para el desarrollo, la función muscular y la transmisión nerviosa.

2.6.1.3.11. Alcaloides

Los alcaloides son compuestos orgánicos naturales producidos principalmente por plantas, caracterizados por contener átomos de nitrógeno en estructuras heterocíclicas y que

forma parte del grupo de metabolitos secundarios. Estos compuestos no están directamente involucrados en el crecimiento o desarrollo de la planta, pero cumplen funciones ecológicas importantes como defensa debido a su actividad biológica. El estudio de los alcaloides es fundamental porque estos compuestos tienen aplicaciones farmacológicas medicinales, industrias alimenticias según **(Marripati, 2023)**.

2.6.1.4. Propiedades funcionales de la fibra de chocho

2.6.1.4.1. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una propiedad fisicoquímica de materiales con cargas negativas en su superficie que les permite retener e intercambiar iones con carga positiva (cationes) entre la fase sólida y la líquida sin que estos se unan de forma permanente. En el contexto de tejidos vegetales como las leguminosas, esto representa la capacidad de la pared celular y otros componentes cargados negativamente para absorber y liberar cationes nutritivos como calcio, magnesio, potasio y amonio en soluciones, lo cual influye en la disponibilidad de nutrientes para procesos metabólicos y fisiológicos, el estudio de esta propiedad se utiliza para darle una importancia dentro de la industria alimentaria como lo menciona **(Fritz, 2007)**.

2.6.1.4.2. Capacidad de absorción de moléculas orgánicas

La capacidad de absorción de moléculas orgánicas en semillas se refiere a la habilidad que tiene el grano, a través de su cubierta seminal y tejidos internos durante la imbibición y germinación, de permitir el paso y posterior ingreso de compuestos orgánicos desde el medio externo hacia su interior. Esta absorción depende de la permeabilidad de la cubierta seminal y de las propiedades fisicoquímicas de las moléculas (como tamaño y lipofiliidad), lo que facilita que sustancias orgánicas solubles puedan atravesar la testa y alcanzar el embrión o tejidos de reserva. Dicho proceso es importante en aplicaciones como tratamientos de semillas con compuestos orgánicos, bioestimulantes o marcadores fluorescentes. El ingreso de moléculas orgánicas puede ocurrir mientras la semilla absorbe agua en la fase inicial de activación metabólica, permitiendo que tales solutos difundan a través de rutas permeables de la cubierta hacia los tejidos internos del embrión **(Salanenska & Taylor, 2011)**.

2.6.1.4.3. Índice de absorción de agua

Según **(Mera, 2010)**, el índice de absorción de agua (IAA) es considerada una propiedad funcional de materias primas alimentarias (como harinas, semillas o subproductos) que

indica la cantidad de agua que un material puede absorber y retener después de estar en contacto con agua en condiciones específicas. Este índice mide los componentes de un alimento (principalmente almidones, proteínas y fibras) interactúan con el agua, lo mantiene retenida después de una centrifugación o decantación. Este índice es importante porque influye en características tecnológicas (textura, viscosidad y rendimiento en procesos como extrusión, panificación o elaboración de snacks) y nutricionales del producto final.

2.6.1.4.4. Índice de solubilidad de agua

Esta propiedad funcional de alimentos y materias primas indica la cantidad de sólidos secos que se disuelven en agua cuando una muestra se somete a una suspensión acuosa y en su posterior centrifugación. El análisis de esta propiedad determina cuanta materia seca soluble pasa al sobrenadante y puede ser recuperada tras evaporar el agua, expresándose generalmente como porcentaje de muestra inicial. Este índice brinda información sobre el grado de solubilidad de componentes como azúcares, péptidos, moléculas hidrosolubles presentes en leguminosas, el estudio de este índice ayuda a caracterizar el comportamiento funcional del alimento y la capacidad de liberar sustancias solubles (**Guarnizo et al., 2009**).

2.6.1.4.5. Poder de hinchamiento

El poder de hinchamiento indica la capacidad de los gránulos para absorber agua durante la gelatinización cuando se hidratan o se someten a calentamiento en un medio acuoso. Este fenómeno ocurre porque las macromoléculas hidrofílicas, como el almidón y la fibra, retienen agua dentro de su estructura, provocando la expansión de los gránulos o de la matriz del material. El poder de hinchamiento influye directamente en la textura, viscosidad y estabilidad de los alimentos, siendo un parámetro importante para evaluar el comportamiento de ingredientes durante el proceso tecnológico como cocción o rehidratación (**Zhuang et al., 2024**).

2.6.1.4.6. Compuestos fenólicos

La importancia de los compuestos fenólicos para la salud humana es bien conocida debido a sus actividades antioxidantes. Es un conjunto de sustancias presentes en plantas y alimentos derivados de plantas. Que se caracterizan por tener uno o más grupos fenólicos en su estructura. Estos compuestos no son un único compuesto, si no una familia amplia que incluye ácidos fenólicos, flavonoides, etc. Estos compuestos cumplen funciones importantes en las plantas como antioxidantes naturales, los mismo ayudan a neutralizar radicales libres, también reducir el daño oxidativo (**Lee et al., 2021**).

2.6.1.4.7. Capacidad antioxidante

Consiste en la habilidad que tiene una sustancia, extracto o alimento para neutralizar, inhibir o retardar la acción de los radicales libres y otras especies reactivas, evitando así el daño oxidativo en células, tejidos o sistemas biológicos. Esta capacidad se basa en los compuestos antioxidantes que están asociados principalmente a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, vitaminas y otros metabolitos bioactivos. Esta propiedad es un indicador del potencial funcional de un alimento, ya que contribuye a la protección contra el estrés oxidativo, se puede evaluar por ABTS y DPPH como lo describe (Cunza et al., 2020).

2.6.1.4.8. Actividad antiinflamatoria

Según (Rivera-Jiménez et al., 2022) se define como la capacidad que tiene una sustancia, extracto o compuesto bioactivo para prevenir, reducir o en otros casos de inhibir los procesos de inflamación en tejidos u organismos. Esta actividad se manifiesta mediante la disminución de medidores inflamatorios. En alimentos y productos naturales, la actividad antiinflamatoria está asociada principalmente a los compuestos fenólicos u otros metabolitos secundarios, es importante esta propiedad por que ayuda a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, metabólicas y degenerativas por ello su estudio sustenta el potencial funcional que tienen los alimentos o extractos vegetales.

2.6.1.4.9. Actividad antidiabética

Como lo menciona (Jain et al., 2025) el potencial antidiabético se basa en las formulaciones poli herbales derivadas de diversas plantas, centrándose en sus efectos sinérgicos, donde la combinación de especies vegetales trabaja conjuntamente para mejorar los resultados terapéutico. Se analizan las plantas comunes utilizadas, los tipos de extractos, las partes de las plantas y las pautas de dosificación en estudios experimentales. Se examinan modelos in vitro e in vivo para evaluar la eficacia de estas formulaciones en el manejo de enfermedades. Se destacan los mecanismos que subyacen a su acción antidiabética, como el aumento de la secreción de insulina, la mejora de la sensibilidad a la insulina, la regulación del metabolismo de la glucosa y la reducción del estrés.

2.6.2. Marco conceptual

- **Alcaloides:** Son bases orgánicas nitrogenadas de estructura compleja además de ser productos del metabolismo secundario (Dalton et al., 2003).

- **Antioxidante:** Es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos (**Coronado H et al., 2015**).
- **Cati3n:** Se refiere a un i3n con carga el3ctrica positiva, formando cuando un 3tomo o mol3cula pierde uno o m3s electrones (**D3az & 3lvarez, 2009**).
- **Celulosa:** El componente principal de la biomasa. Es un polisac3rido de dif3cil degradaci3n en condiciones de tratamiento moderadas (**Guarnizo et al., 2009**).
- **Chocho:** Es una leguminosa cultivada ancestralmente en los andes (**Casta3eda et al., 2008**).
- **Decantaci3n:** Es un proceso de separaci3n por gravedad que hace que una part3cula, m3s densa que el l3quido, tenga una trayectoria descendente, deposit3ndose en el fondo de un decantador (**Romero, 2015**).
- **Extrusi3n:** Es un proceso que consiste en dar forma a un producto, forz3ndolo a trav3s de una abertura con dise3o espec3fico (**Cer3n-Fern3ndez et al., 2016**).
- **Fen3licos:** Corresponde a un grupo de metabolitos muy diverso y ampliamente distribuido en plantas superiores, que comprende mol3culas sencillas, como los 3cidos fen3licos (**Hern3ndez-Moreno et al., 2022**).
- **Fibra:** Es la suma de polisac3ridos de origen vegetal constituidos por celulosa, hemicelulosa y lignina, que no son digeridas por las secreciones end3genas del tracto digestivo (**Vilcanqui-P3rez & V3lchez-Perales, 2017**).
- **Galactosa:** Es un monosac3rido que, a pesar de no ser tan abundante como la glucosa, juega su papel importante en el metabolismo (**Mart3nez, 2025**).
- **Germoplasma:** Es un repositorio de semillas, tejidos o plantas que tiene por objetivo preservar la diversidad gen3tica (**Carlos & Cond3n, 2018**).
- **Glucosa:** Es un carbohidrato esencial para la vida de los seres humanos, puesto que es una sustancia qu3mica ideal para la producci3n energ3tica celular (**Meza, 2020**).
- **Hemicelulosa:** Es la que rodea los filamentos de la celulosa y ayuda en la formaci3n de microfibrilla (**Gonz3lez Velandia et al., 2016**).
- **Heterociclo:** Es un compuesto c3clico que, adem3s de 3tomos de carbono, contiene al menos un hetero3tomo formando parte del anillo, constituye una de las familias m3s grandes de los compuestos org3nicos (**Colasurdo et al., 2022**).

- **Hidrofílico:** Describe a una sustancia, material o molécula que tiene afinidad por el agua y tiende a traerla, disolverla en ella o también ser absorbida con facilidad (**Guerrero, 2022**).
- **Insulina:** Es una hormona clave producida por el páncreas que regula la glucosa en la sangre (**Bonilla-Carvajal et al., 2022**)-
- **Lignina:** Es un biopolímero complejo y abundante en las semillas que ha ganado un creciente interés en los últimos años debido a su potencial actividad química (**Villafan et al., 2024**).
- **Lipofilidad:** Describe la capacidad de una molécula para disolverse en soluciones lipofílicas, lo que permite la permeabilidad a través de membranas biológicas (**Sigcha et al., 2025**).
- **Macromoléculas:** Son moléculas grandes de estructura compleja compuestas por unidades de menor tamaño conocidas como monómeros (**Granados et al., 2025**).
- **Metabolitos:** Es cualquier sustancia producida durante el metabolismo (digestión u otros procesos químicos corporales) (**Kumar & Abbas, 2021**).
- **Microbiota:** Es el conjunto de microorganismos que reside en nuestro cuerpo, que a su vez pueden diferenciarse según su comportamiento en comensales, mutualistas y patógenos (**Campo et al., 2018**).
- **Mucilago:** Es un hidrocoloide soluble en agua que se puede extraer directamente de las semillas de plantas (**Nibedita Das & Minaxi, 2023**).
- **Oxidación:** Es un proceso bioquímico de pérdida de electrones siempre asociado a otro de captación, es esencial para la vida , pues participa en los procesos de obtención de la energía celular (**Elejalde Guerra, 2001**).
- **Papilionáceas:** Son una familia de plantas, los aspectos morfológicos más destacados de estas plantas son sus flores que tienen forma de mariposa y sus frutos (**Meléndez González, 2009**).
- **Pectina:** Es un aditivo de gran aplicación en industria de alimentos, por sus propiedades gelificantes en la producción de gelatinas, mermeladas, jaleas, entre otros productos (**Toyo-Diaz et al., 2023**).
- **Permeabilidad:** Es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire, es una de las cualidades más importantes que han de considerarse para la piscicultura (**Flores Berenguer et al., 2023**).

- **Polisacárido:** Son macromoléculas esenciales presentes en casi todos los seres vivos y que desempeñan importantes funciones biológicas (**Mohammed et al., 2021**).
- **Suspensión acuosa:** Es aquella en la que el disolvente es agua líquida. Es decir, los iones y moléculas del soluto (disueltos) están rodeados de agua y se incorporan a la red de enlaces del agua (**Bickmore & Wander, 2018**).
- **Tracto digestivo:** Contiene importantes glándulas asociadas. En él se producen diferentes procesos que se inician con la entrada de un alimento a la boca y terminan con la eliminación de desechos bajo la forma de heces (**Iidenut & López, 2011**).

2.7. Metodología del proyecto de investigación

2.7.1. Tipos de investigación

2.7.1.1 Investigación explorativa

Esta investigación se realizó con el propósito de establecer las relaciones de causa-efecto entre las variedades de chocho y el método de extracción de la fibra, como variables independientes y las características químicas y propiedades funcionales obtenidas como variables dependientes.

2.7.1.2. Investigación experimental

El estudio se desarrolló bajo condiciones de laboratorio y un diseño completamente al azar donde el factor A, son las cuatro variedades de chocho, mientras que los métodos de extracción de la fibra es el factor B.

2.7.1.3. Investigación cuantitativa

Se basó en la recolección sistemática y el análisis de datos numéricos obtenidos de los análisis químicos y de las propiedades funcionales de la fibra de chocho. Los datos generados permitieron identificar patrones, comparar tratamientos y validar la hipótesis planteada, mediante el uso de métodos estadísticos que garantizaron la precisión y confiabilidad de los resultados.

2.7.2. Método de investigación

2.7.2.1. Método experimental

Se fundamentó en comparar los tratamientos y establecer relaciones causales entre las variables. Mediante la aplicación de métodos analíticos estandarizados y el análisis estadístico correspondiente, se evaluó la influencia de cada factor experimental, garantizando la confiabilidad de los resultados.

2.7.2.2. Método científico

Este método de investigación se diseñó considerando la interacción entre los factores experimentales definidos, específicamente la variedad de chocho y el método de extracción de la fibra, lo que permitió la realización de análisis de laboratorio orientados a la caracterización química y propiedades funcionales de la fibra obtenida.

2.7.3. Técnicas de investigación

2.7.3.1. Observación

Se empleó como una técnica de apoyo en la presente investigación, permitiendo la contemplación y descripción sistemática de los fenómenos ocurridos durante los métodos de extracción y análisis de la fibra de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Contribuyo a complementar la información cuantitativa obtenida, asegurando un adecuado control del proceso experimental y la correcta interpretación de los resultados.

2.7.3.2. Consulta

Esta técnica permitió contextualizar el problema de investigación, sustentar los antecedentes del estudio y fundamentar teóricamente los parámetros evaluados, a partir de fuentes confiables como artículos científicos, tesis, y libros. De esta manera contribuyo al respaldo conceptual y metodológico de la investigación.

2.7.4. Instrumentos de investigación

2.7.4.1. Para la observación

Libreta de campo: Es el anotador donde realizan todas las observaciones del territorio (Bórtoli, 2022).

Fichas de registro: Se denomina así porque recopilan los datos de las fuentes consultadas en los diversos recintos (Villareal, 2020)

Fotografías: Es un procedimiento por medio del cual se consiguen imágenes permanentes sobre superficies sensibilizadas a través de la acción (Herrera et al., 2015).

2.7.4.2. Equipos de laboratorio

Mufla: Son hornos de alta temperatura diseñados para procesos que requieren calor constante, estable y libre de contaminantes (Brito, 2025).

Viscosímetro: Es un instrumento para medir la viscosidad y otros parámetros de un fluido dependiendo de la tecnología o fundamento bajo el cual funcione el equipo (Galán, 2018)

Centrifuga: Es un aparato que aplica una fuerza centrífuga sostenida para impeler la materia hacia afuera del centro de rotación, separa partículas en un medio líquido por sedimentación (**Francis & Norori, 2015**).

Balanza analítica: Es un instrumento para determinar masas; tiene una capacidad máxima variable de un gramo a pocos kilogramos (**Girón & Estrada, 2013**).

Vortex: Es utilizado para realizar agitación de pequeñas mezclas no viscosas, en un matraz o vaso precipitado y tubos de ensayo respectivamente; tienen aplicaciones biotecnológicas, en laboratorios de fisicoquímica y microbiología (**Alta et al., 2021**).

Estufa: Estos equipos utilizan un ventilador interno para forzar la entrada de aire caliente en la cámara del horno. Esto crea una distribución uniforme del calor y permite un calentamiento y una recuperación de la temperatura rápidos (**Peruzzotti, 2024**).

Baño maría: Es un equipo indispensable en cualquier laboratorio que realiza análisis fisicoquímicos. Se trata de un sistema de calentamiento indirecto que permite mantener muestras a temperaturas controladas, sin riesgo de quemarlas o alterarlas bruscamente (**Giménez, 2025**).

2.7.4.3. Software estadístico

InfoStat: Es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma de Windows (**Rienzo & Balzarini, 2010**)

2.7.4.4. Datos bibliográficos

Tesis: Es un escrito académico expositivo, metódico y original, que realiza una aportación mayor o menor a un campo específico (**Bonet Collazo et al., 2023**).

Artículos científicos: Es un informe escrito y publicado que describe los resultados originales de una investigación (**Nass De Ledo, 2023**).

Ficha técnica: Es un documento que describe las características principales, la composición y las aplicaciones de un producto, aportando información detallada sobre los aspectos del mismo (**Luque & Seghiri, 2019**).

2.7.5. Materiales y metodología

2.7.5.1. Materias primas

La materia prima utilizada en la presente investigación corresponde a cuatro variedades de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*): INIAP 450-Andino, dulce blanco, dulce ceja café, dulce ceja amarilla de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias (INIAP).

2.7.5.2. Metodología para obtención de la fibra

2.7.5.2.1. Extracción seca- amargo

Tabla N° 7. Materiales utilizados para la obtención de fibra - amargo

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Semillas de las cuatro variedades de chocho	Tamices	Pulverizador	Agua destilada
	Bandejas	Molino manual	
	Fundas plásticas	Balanza analítica	
	Marcador		
	Brocha pequeña		

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

El método de extracción de la fibra a partir de semillas de chocho inició con la recepción de la materia prima en este caso se obtiene las 4 variedades de chocho (INIAP 450, dulce blanco, dulce ceja café, dulce ceja amarilla), posteriormente se realizó una breve selección de semillas descartando los granos que se encontró en mal estado o con alguna anomalía.

Después se procedió con la molienda mecánica utilizando un molino manual, cuyo objetivo fue fragmentar la semilla sin someterla a procesos térmicos previos. Esta etapa permitió facilitar la separación física entre la cáscara (tegumento) y el cotiledón (carne del chocho), que se realizó de forma manual o con ayuda de un tamiz, esto sería la separación de la fibra.

Figura N° 2. Separación del cotiledón y cáscara de chocho



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Una vez obtenida la cáscara, se sometió a un tratamiento mediante un equipo pulverizador que tritura finamente el material hasta obtener una fibra en forma de polvo fino, conservando su estructura fibrosa y compuestos funcionales.

Figura N° 3. Obtención de la fibra (polvo fino)



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Finalmente, la fibra se pesó en una balanza analítica y se almacenó en condiciones controladas de humedad y temperatura, asegurando su estabilidad y aptitud para análisis posteriores.

Figura N° 4. Peso de la fibra obtenida



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Figura N° 5. Diagrama de flujo del método de extracción de fibra- Amargo



Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.2.2. Extracción húmeda- desamargado

Tabla N° 8. Materiales utilizados para la obtención de fibra - desamargado

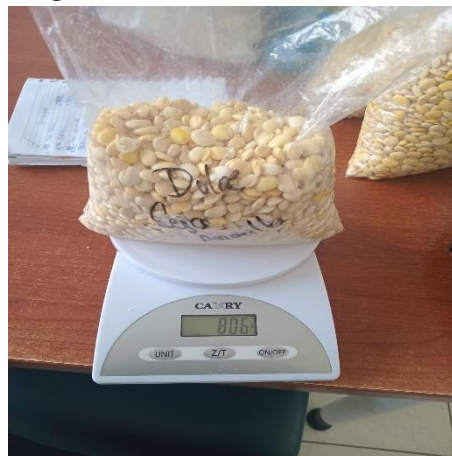
Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Semillas de las cuatro variedades de chocho	Ollas Bandejas Fundas plásticas Marcador Brocha pequeña	Cocina Pulverizador Balanza analítica Estufa	Agua potable

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Para el método de extracción de la fibra de chocho inició con la recepción de la materia prima de las cuatro variedades de estudio (INIAP 450-Andino, dulce blanco, dulce ceja café, dulce ceja amarilla), posterior a ello se realizó una breve selección de semillas retirando las que están en mal estado para después darles una breve hidratación por 30 min a continuación se realizó un tratamiento de cocción de las semillas enteras por una hora, con el fin de ablandar la estructura y facilitar la separación de componentes.

Posteriormente, se realizó el lavado y desamargado; para las variedades INIAP 450 y dulce blanco duró de 2 a 5 días, mientras que las variedades dulce ceja café y dulce ceja amarilla duró un día, para eliminar el amargo de las semillas. A continuación, se procedió al pelado manual separando la cáscara (tegumento) del cotiledón.

Figura N° 6. Cotiledón del chocho



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La cáscara obtenida se sometió a un secado controlado en estufa a baja temperatura (45-50°C) por 8 horas, hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 10%.

Figura N° 7. Secado de la cáscara de chocho



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

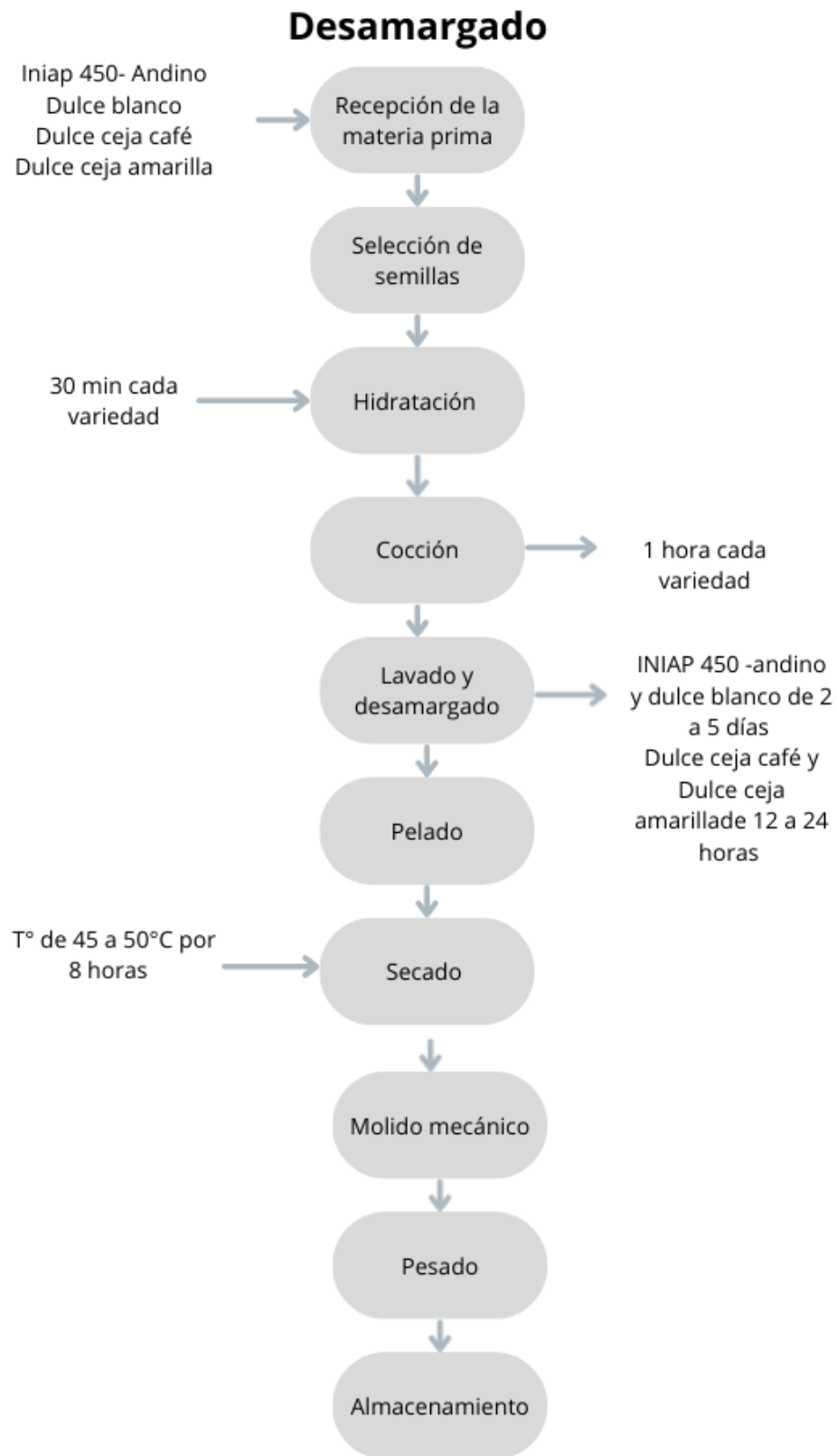
Luego, la cáscara seca se molió finamente en un molino de martillos o de cuchillas para obtener la fracción rica en fibra. Finalmente, el producto molido se pesó y almacenó en envases herméticos, bajo condiciones controladas de humedad y temperatura, para preservar sus propiedades funcionales y evitar la degradación del material.

Figura N° 8. Almacenamiento de la fibra en envases



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Figura N° 9. Diagrama de flujo del método de extracción de la fibra-Desamargado



Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.3. Metodología para análisis de características químicas

2.7.5.3.1. Determinación de celulosa, hemicelulosa a y b

Tabla N° 9. Materiales utilizados en determinación de celulosa, hemicelulosa

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Vasos de precipitación	Desecador	Alcohol al 80%
	Papel filtro	Medidor de pH	NaOH al 0.4%
	Tubos de vidrio	Centrifuga	Ácido acético al 50%
	Capsulas de vidrio	Liofilizador	
		Balanza analítica	

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Método de determinación de celulosa

Se pesó 5 g de muestra en los vasos de precipitación y se añadió 50 ml de alcohol al 80% hasta cubrir la muestra, posterior a ello se añadió 150 ml de NaOH al 0,4% y se puso a hervir las muestras durante 3 horas.

Figura N° 10. Determinación de celulosa



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se enfrió a temperatura ambiente, y centrifugamos a 8000 rpm por 30 min 3 veces. Después se filtró y separó el residuo del sobrenadante, finalmente se congeló el residuo. Se liofilizó y pesó el residuo. Siendo ese valor de celulosa.

Método de determinación de hemicelulosa a

El sobrenadante obtenido en la determinación de celulosa se acidificó con 0,5ml de ácido acético al 50% a un pH de 4,5, y se centrifugó a 8000 rpm por 30 min 3 veces.

Figura N° 11. Muestras en centrifugación



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se filtró y se separó el precipitado del sobrenadante y se congeló el precipitado. Se liofilizó y se pesó el precipitado. Siendo el valor de hemicelulosa a.

Método de determinación de hemicelulosa b

El sobrenadante obtenido en la determinación de hemicelulosa “a”, se precipitó con alcohol hasta completar 45 ml en el tubo de centrifuga y se centrifugó a 8000 rpm por 30 min 3 veces. Filtramos y separamos el precipitado del sobrenadante. Asimismo, congelamos el precipitado. Se liofilizó y se pesó el precipitado dando así el valor de hemicelulosa.

Figura N° 12. Residuo en congelación



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.3.2. Determinación de lignina

Tabla N° 10. Materiales utilizados en determinación de fibra detergente ácida

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Latas de aluminio	Balanza analítica	Bromuro de amonio
	Crisoles de vidrio	Mufla thermolyne	Acetona
	Pinzas metálicas	Estufa IMPERIAL V	Ácido sulfúrico 95-97%
	Desecador	Digestor de fibertec	Alcohol isoamílico
	Espátulas	Bomba de absorción	Hexano

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se secó los crisoles vacíos en un horno a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 4 h y se registró el peso de tara. Posterior, se colocó los crisoles previamente secados en una balanza para tarar. Para simplificar la filtración, se pesó 1 ± 2 g de Celita (545) en el crisol (W1). Se pesó 1 ± 2 g de muestra, la homogeneidad de la muestra permite mejorar la velocidad de la filtración (W2). Si el contenido de grasa es alto, se usa la unidad de extracción en frío FT 121 Fibertec para eliminar antes del análisis (consulte Preparación de la muestra).

Se colocó los crisoles frente a la unidad caliente de la filtración usando el sostenedor y la cerradura en la posición delante del calentador en el Fibertec 8000 asegurarse de que la manija de seguridad se enganche. Se colocó el reflector frente a los crisoles y se llenó el tanque ADS con solución (FDA), colóquelo en la posición izquierda (R1) del cajón y fije todas las conexiones. agente antiespumante, Octanol, a la botella ámbar dentro de la puerta lateral. Se abrió el grifo de agua (aproximadamente 2 L / min) para el sistema de reflujo y se encendió el instrumento. Se comenzó con el programa ADF predeterminado presionando "INICIAR" dos veces para confirmar. Al terminar se quitó el reflector y se levantó para arriba la manija de seguridad. Al final de la extracción, se retiró el reflector y los crisoles con la porta crisol. Se levantó la manija de seguridad y se trasladó los crisoles a la unidad de extracción en frío. Calcular:

$$\%FDA = \frac{W3 - W2}{W1} * 100$$

Tabla N° 11. Materiales utilizados en determinación de fibra detergente neutra

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Latas de aluminio	Balanza analítica	Sulfato de lauril sódico
	Crisoles de vidrio	Mufla thermolyne	Tetra borato de sodio anhidro
	Pinzas metálicas	Estufa IMPERIAL V	Sulfito de sodio anhidro
	Desecador	Digestor de fibertec	Alcohol isoamílico
	Espátulas	Bomba de absorción	Hexano

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se secó los crisoles vacíos en un horno a 105 ± 2 °C durante > 4 h (1 h si se retira del horno de cenizas) y se registró el peso de tara (W1). Se colocaron los crisoles previamente secados en una balanza para tarar. Para simplificar la filtración, se pesó 1 ± 2 g de Celite 545 en el crisol.

Asimismo, se pesó 1 ± 2 g de muestra, la homogeneidad de la muestra permite mejorar la velocidad de la filtración (W2). Se pesó 0,5g de sulfito de sodio, si el contenido de grasa es alto, usar la unidad de extracción en frío Fibertec para eliminar antes del análisis. Se colocó los crisoles frente a la unidad de extracción en caliente utilizando el soporte para crisol y asegurarlos en su posición frente al calentador, se certificó de que la manija de seguridad se enganche.

Se colocó el reflector frente a los crisoles y se llenó el tanque ADS con solución (FDN), colóquelo en la posición izquierda (R1) del cajón y fije todas las conexiones. Se agregó agente antiespumante Octanol, a la botella ámbar dentro de la puerta lateral y se abrió el grifo de agua (aproximadamente 2 L/ min) para el sistema de reflujo.

Se encendió el instrumento y se comenzó con el programa ADF predeterminado presionando "INICIAR" dos veces para confirmar. Al final de la extracción, se retiró el reflector y los crisoles con la porta crisol. Se levantó la manija de seguridad y se trasladó los crisoles a la unidad de extracción en frío. Se agregó de 20 a 25 ml de Hexano a cada crisol y se dejó en remojo durante 3-5 minutos, luego se filtró el disolvente colocando la válvula en la posición de "vacío" por tres veces. Después se evapora y se seca los crisoles

en un horno a 105 ± 2 °C durante al menos 5h. Por último, se enfrió a temperatura ambiente en desecadores y se pesó (W3).

Calcular:

$$\%FDA = \frac{W3 - W2}{W1} * 100$$

2.7.5.3.3. Determinación de pentosanas, pectinas y galactanas

Tabla N° 12. Materiales utilizados en determinación de componentes de la fibra

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Vasos de precipitación	Desecador	Alcohol al 80%
	Papel filtro	Medidor de pH	Na ₂ CO ₃
	Tubos de vidrio	Centrifuga	Agua destilada
	Capsulas de vidrio	Liofilizador	Etanol, Metanol
		Balanza analítica	NaOH al 0,1 N

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Método de determinación de pentosanas

Se secó los crisoles vacíos en un horno a 105 ± 2 °C durante > 4 h (1 h si se retira del horno de cenizas) y se registró el peso de tara (W1). Se colocaron los crisoles previamente secados en una balanza para tarar.

Para simplificar la filtración, se pesó 1 ± 2 g de Celite 545 en el crisol. Se pesó 20 g de muestra y se añadió alcohol hasta descubrir la muestra. Dejamos toda la noche reposar. Se añadió Na₂CO₃ y se midió el pH 7,0.

Figura N° 13. Medición de pH



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se centrifugó a 8000 rpm por 30 min 3 veces y separamos el sobrenadante del residuo. Secamos en el desecador, enfriamos y pesamos. Siendo el valor obtenido pentosanas.

Método de determinación de pectinas totales

El residuo obtenido en la determinación de pentosanas, se añadió metanol puro. Se disolvió en agua destilada fría (3 veces), y neutralizamos con NaOH al 0,1 N. Se precipitó con CaCl₂ y se centrifugó a 8000 rpm por 30 min 1 vez. Filtramos el precipitado pectato de calcio del sobrenadante. Obteniendo el valor de pectinas.

Figura N° 14. Determinación de pectina



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Método de determinación de galactanas

El sobrenadante de la solución acuosa, concentramos. Se extrajo con etanol (1:5), y centrifugamos a 8000 rpm por 30 min, 3 veces. Finalmente filtramos y secamos. El peso obtenido es galactanas.

2.7.5.3.4. Determinación de fibra cruda

Tabla N° 13. Materiales utilizados en determinación de fibra cruda

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Vasos de precipitación	Sistema de digestión de fibra	Hexano
	Crisoles filtrantes de porcelana	Mufla	Ácido sulfúrico al 0,7
	Lana de vidrio	Estufa	Hidróxido de sodio al 22%
	Probeta	Equipo de filtración	Agua destilada
	Desecador	Balanza analítica	

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se pesó de 1 a 2g de muestra en un vaso de 600 ml, y se añadió 200 ml de ácido sulfúrico al 0.7 por mil. Se digiere por 30 minutos y se agrega 20 ml de hidróxido de sodio al 22% y nuevamente se lleva a digerir por 30 minutos, disminuyendo la temperatura.

Figura N° 15. Digestión de las muestras para determinar fibra cruda



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se recogió la fibra en el crisol filtrante previamente lavados en cuya base se ha depositado una capa de lana de vidrio hasta la mitad del crisol aproximadamente y se lavó

con agua desmineralizada caliente, con 100 ml de ácido sulfúrico al 7 por mil y 20 ml de hexano, terminándose los lavados de la fibra con agua. Se secó en una estufa a 105 °C y se retiró en un desecador, se enfrió y se pesó.

Cálculo de la fibra cruda:

$$FC\% = \frac{Pcf - Pcc}{Pm} * 100$$

2.7.5.3.5. Determinación de fibra dietética insoluble y soluble

Tabla N° 14. Materiales utilizados en determinación de fibra insoluble y soluble

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Matraz	Bomba de vacío	Etanol al 95%
	Vasos de precipitación 600 ml y 400 ml	Balanza analítica	Etanol al 78%
	Crisol filtrante	Baño maría	Acetona
	Lana de vidrio	Desecador	MES/TRIS
	Anillos de goma	Mufla	Proteasa
	Pipetas	Estufa	α-amilasa
	Dispensadores	Medidor de pH	amyglucosidae
	Barras agitadoras	Agitadores magnéticos	Agua destilada
Espátulas de goma			

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se pesó 1 gr de muestra en un matraz de 125 ml, y se preparó el reactivo MES/TRIS. Seguido, se colocó 400 ml del reactivo MES/TRIS en cada matraz y se midió el pH de 8.2 en todas las muestras, agitando magnéticamente por 15 minutos.

Luego se añadió 50 µl de α-amilasa, se continuó agitando magnéticamente (en cada matraz se coloca una rosca metálica). Las muestras se llevaron a una olla de agua hirviendo por 30 minutos, agitando constantemente cada 5 minutos y se enfrió las muestras a 60 °C. Después se puso en baño maría (37°C).

Figura N° 16. Ebullición de muestras para determinar FDI y FDS



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se colocó 100 μ l de proteasa en cada muestra y se tapó con papel aluminio. Se mantuvo en el baño maría por 30 minutos agitando constantemente cada 5 minutos. Se secó y enfrió las muestras retirando las tapas de papel aluminio. Se añadió 5 ml de HCl de 0.561 N en cada muestra.

Se midió el pH de 4.1 a 4.8 (Para subir el pH -HCl de 0.561N, para bajar el pH -NaOH de 4 M). Se llevaron al baño maría nuevamente todas las muestras manteniendo la temperatura de 60°C. Se añadió 200 μ l de amyglucosidae y se tapó con papel aluminio.

Figura N° 17. Adición de enzimas



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se espera 30 minutos, agitando contantemente cada 5 minutos. Se destapó y enfrió las muestras. Se taró el crisol y se colocó lana de vidrio. Se preparó y rotuló para cada muestra un vaso de precipitación de 600 ml (**Fibra insoluble**). Se filtró al vacío cada muestra y se realizó el lavado en el siguiente orden:

- Primero la muestra
- 10 ml de agua destilada (Caliente)
- 10 ml de agua destilada (Caliente)

Se colocó el sobrenadante de la muestra en el vaso de precipitación de 600 ml (**fibra soluble**). Para cada crisol realizar el lavado con:

- 10 ml de etanol al 95%
- 10 ml de acetona pura.

Se puso en la estufa los crisoles por toda la noche.

Calcular la fibra dietética insoluble:

$$FDI\% = \frac{P_{estufa} - P_{mufla}}{P_m} * 100$$

Calcular la fibra dietética soluble:

$$FDS\% = \frac{P_{estufa} - P_{mufla}}{P_m} * 100$$

2.7.5.3.6. Determinación de calcio

Tabla N° 15. Materiales utilizados en determinación de calcio

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Matraz	Plancha Calentadora	Cloruro de lantano
	Balones aforados	Vortex	Agua bidestilada
	Micropipetas	Espectrofotómetro de absorción atómica	Solución de 1000 ppm de Ca
	Tubos de ensayo	Balanza analítica	

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Una vez que se obtuvo las cenizas de las muestras, se realizó hidrólisis acida, para luego filtrar y recoger en balones de 100ml y aforar con agua destilada. Después del aforo, se leyó directamente en el Espectrofotómetro de absorción atómica de llama. Si las concentraciones están sobre el punto más alto de la curva se realiza la dilución más adecuada. Ejemplo: se pipetea 0,5ml de muestra más 4,0ml de agua bidestilada y 0,5ml de solución de interferencia (cloruro de lantano al 1%).

Se prosigue a leer en el espectrofotómetro de absorción atómica los estándares y después las muestras. Calcio: 422.7 nm.

Preparación de los reactivos:

Solución de lantano al 1%: Se pesó 18,02g de cloruro de lantano, y se disolvió con 400ml de agua en un vaso y se aforó a 1000ml en un balón aforado.

Solución estándar de 10ppm de Ca: En un balón volumétrico de 200ml se colocó 2ml de la solución de 1000ppm de Ca y se afora con agua bidestilada.

2.7.5.3.7. Determinación de alcaloides

Tabla N° 16. Materiales utilizados en determinación de alcaloides

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
	Matraz	Centrifuga	Ácido sulfúrico 0,01N
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Espátulas Tubos de centrifuga	Agitador	Cloroformo
	Papel filtro	Balanza analítica	Acido básico
	Embudos		NaOH al 0,01 N
	Bureta		KOH al 15%

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Para realizar el análisis respectivo tomamos los tubos de centrifuga y pesamos 0,2 g de fibra de las cuatro variedades de chocho, de igual manera pesamos 0,6 g de ácido básico para cada tratamiento, adicionamos 200 µl de KOH al 15% y mezclamos todo hasta formar una pasta.

Se añadió 6 ml de cloroformo y agitamos por 30 min, después se centrifugó por 20 min y precipitamos en matraces. Realizamos nuevamente la acción de añadir 6 ml de cloroformo, agitamos por 30 min, y centrifugamos por 20 min, precipitando el sobrenadante en el mismo matraz juntando así los sobrenadantes, después evaporamos el cloroformo. Posterior a ello, se añadió 5 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄ al 0,01 N) y se tituló con NaOH al 0,01 N.

Figura N° 18. Titulación con NaOH al 0.01 N



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.4. Metodología para análisis de propiedades funcionales

2.7.5.4.1. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico

Tabla N° 17. Materiales utilizados en determinación de CIC

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
	Tubo de centrifuga	Balanza analítica	Acetato de amonio
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Bureta	Centrifuga	Etanol
	Papel filtro	Agitador	Cloruro de sodio al 10%
	Matraz	Destilador	Ácido bórico al 2%
	Balones	Estufa	Indicadores

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se pesó 1 gr de muestra en un matraz de 125 ml, y se preparó el reactivo MES/TRIS. Colocamos 400 ml del reactivo MES/TRIS en cada matraz y medimos el pH de 8.2 en todas las muestras, agitando magnéticamente por 15 minutos.

Reactivos

Acetato de amonio 1N pH 7: Disolvemos 77,08 g de acetato de amonio ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$) en agua destilada y llevamos a un litro. Se controló el pH con hidróxido de amonio si sube el pH o con ácido acético si baja.

Etanol 95 % (v/v): Diluimos 480 ml de etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ al 99 % y se llevó a 500 ml con agua destilada.

Cloruro de sodio o cloruro de potasio al 10 %: Disolvemos 100 g de NaCl en agua destilada y llevamos a un litro.

Solución de ácido bórico con indicador al 2%: Se pesó 20 g de ácido bórico, y se adicionó 1 litro de agua destilada, calentamos y agitamos hasta completar la disolución del ácido. Se enfrió y se agregó 50 ml de la mezcla de indicadores. El pH de la mezcla ácido bórico-indicador debe ser aproximadamente de 5,0 si fuese más ácido, se agrega cuidadosamente gotas de NaOH 0,1 N, hasta que la solución adquiriera una coloración púrpura rojiza o alcance el pH indicado. Completamos a 2 litros con agua destilada y mezclamos.

Mezcla de indicadores: Pesamos 0,396 g de verde de bromocresol y 0,2640 g de rojo de metilo. Disolvemos en 500 ml de alcohol etílico al 95%.

Hidróxido de sodio 10 N: Se pesó 800 g de NaOH, se añadió 1 litro de agua y agitamos hasta que se disuelva. Dejamos que la solución se enfríe, el frasco debe estar tapado para evitar la absorción de CO₂ atmosférico, y aforamos a 2 litros con agua desmineralizada.

Ácido sulfúrico 0,02 N: Se diluyó 1,10 ml de ácido sulfúrico concentrado en 2 litros con agua destilada. Se estandarizó con Na₂CO₃ seco en la estufa a 110 °C.

Estandarización del ácido sulfúrico: Se pesó 1 g de Na₂CO₃ y se disolvió en 50 ml de agua. Se añadió 2 gotas de la mezcla de indicadores y se tituló con el ácido preparado. Antes del punto final, calentamos la muestra durante 1 minuto. Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética para desalojar el CO₂ formado, se enfrió y se volvió a titular, se anotó el volumen de ácido sulfúrico consumido y calculamos la normalidad mediante la siguiente fórmula.

Donde:

$$NH_2SO_4 = \frac{\frac{\text{Peso } Na_2CO_3}{Eq \text{ químico}}}{V} * 1000$$

Peso Na₂CO₃ = 0,1 g

Eq químico = 52,995

V = volumen total de ácido gastado en la titulación

Procedimiento:

Lavado: En un tubo de centrifuga se pesó 2 g de muestra y se añadió 20 ml de etanol y se agitó manualmente hasta que se mezcle bien la muestra con el etanol por un minuto aproximadamente. Se centrifugó el tubo por 10 minutos a 3500 rpm. Se desechó la alícuota,

repetir 3 veces en total (tiempo total 40 minutos, 30 ml de etanol utilizados). NOTA: en el último lavado se midió el CE, si esta es mayor a (0,040) dS/m realizar un nuevo lavado.

Extracción: Se agregó 20 ml de cloruro de sodio al 10 % y se agitó por 30 minutos. Se centrifugó por 10 minutos a 3500 rpm. Se recogió el sobrenadante en un frasco, para la determinación de CIC por el método de destilación. Repetimos los procedimientos del 1 al 3 dos veces más (total 3 veces) la extracción suma 60 ml de la solución de cloruro de sodio a destilar.

Destilación: Se tomó 10 ml del extracto 2 (NaCl o KCl), en un balón de destilación y se añadió 10 ml hidróxido de sodio al 10 % y agua. Recibimos el destilado en 10 ml de ácido bórico al 2 %, colocando en un Erlenmeyer 42 hasta recoger 50 ml. Titulamos el destilado con ácido sulfúrico 0,002 N (cambio de color verde a rojo).

Figura N° 19. Destilación de las muestras



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Cálculos

$$CIC \left(\frac{meq}{100g} \right) = \frac{N * S - B * 100 * 60}{a * b}$$

Donde:

CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

N = Normalidad exacta del H₂SO₄.

B = Volumen de ácido gastado en la titulación del blanco.

S = Volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra.

a = Peso de muestra en gramos.

b = Volumen del extracto 2 colocado en el balón de destilación (10 ml).

100 = Factor de porcentaje.

60 = Volumen total del extracto

2.7.5.4.2. Determinación de la capacidad de absorción de moléculas orgánicas

Tabla N° 18. Materiales utilizados en determinación de CAMO

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Tubos de centrifuga	Centrifuga	Aceite de oliva
	Gradilla	Balanza analítica	

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Para este análisis se ocupó 1 g de muestra se colocó en un exceso de aceite de oliva reposando durante 24 horas. Posteriormente se centrifugó a 2000 rpm durante 15 min a 25°C, expresando por su peso final la capacidad de absorción de moléculas orgánicas.

Calcular la capacidad de absorción de moléculas orgánicas:

$$CAMO \left(\frac{gr \text{ aceite}}{gr \text{ muestra}} \right) = P \text{ residuo final} - P \text{ muestra inicial}$$

Figura N° 20. Muestras para determinar moléculas orgánicas



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.4.3. Determinación del índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento.

Tabla N° 19. Materiales utilizados en determinación de IAA, ISA, PH

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Cajas Petri Tubos de centrifuga de plástico Agitadores magnéticos Probeta de 50 ml Papel filtro Embudos Vasos precipitados Pipetas	Plancha de agitación Balanza analítica Baño maría Centrifuga Desecador	Agua destilada

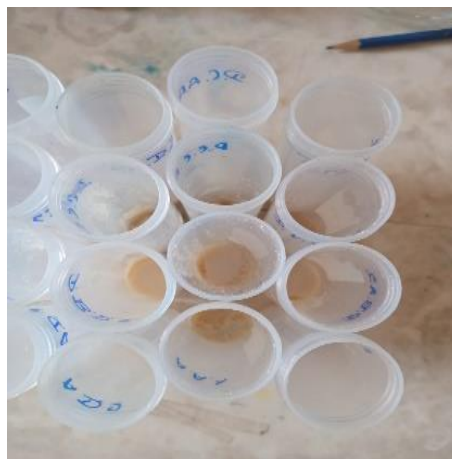
Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se taró las cajas Petri a 90°C por 4 horas o a 75°C por una noche.

Se pesó 1.5 g de muestra en un tubo de centrifuga que contiene un agitador magnético.

Figura N° 21. Muestras para centrifugación



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Se realizó el análisis por duplicado. Mientras pesamos las muestras, se calentó 30 ml de agua destilada, a 30°C y también preparamos el baño maría a temperatura controlada de 30°C.

Se agregó 18 ml de agua a cada tubo, y se agitó bien en el equipo de agitación. En lo posible debe evitarse utilizar una varilla de vidrio. Incubamos en el baño maría con agitación durante 30 min.

Secamos bien los tubos y se puso en la centrifuga. Se centrifugó a 5000 rpm durante 20 min. Una vez centrifugado se deben de tener separados el gel y el sobrenadante. Sino es así, centrifugamos por 10 min mas a 6000 rpm.

Se decantó el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y se midió el volumen. No descartar el gel del tubo.

Se filtró el sobrenadante, y se descartó lo que queda en el papel filtro. Tomamos 10 ml de filtrado y secamos por 4 horas a 90°C en las cajas Petri. Se pesó el gel que quedó en el tubo. En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesamos todo lo que queda en el tubo.

Figura N° 22. Sobrenadante en cajas Petri



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Realizamos una tabla donde se registre los siguientes valores:

Nombre de la muestra

Peso del tubo vacío

Peso de la muestra

Volumen del sobrenadante

Peso del tubo con el gel

Peso de la caja Petri tarada

Peso de la caja Petri con la muestra

Calcular índice de absorción de agua (IAA):

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra}}$$

Calcular índice de solubilidad de agua (ISA):

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Calcular poder de hinchamiento (PH):

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra} - \text{peso de solubles}}$$

2.7.5.4.4. Determinación de compuestos fenólicos totales

Tabla N° 20. Materiales utilizados en determinación de CFT

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Tubos de vidrio Vasos de precipitación de 25ml Papel filtro	Vortex Balanza analítica Baño maría	Agua destilada metanol al 80% Folin Cicalteau al 2N
	Pipetas y puntas Balones de 25 ml	Centrifuga Espectrofotómetro	Carbonato de sodio saturado

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento para la extracción de CFT:

Se pesó 1 g de muestra, y se añadió 10 ml de metanol al 80%, agitamos en el vórtex y mantuvimos en una agitación por 30 minutos, posteriormente se centrifugó por 15 min y se separó el residuo y el sobrenadante (Primera extracción).

Figura N° 23. *Extractos de fibra*



Fuente: *(Alomoto & Tayo, 2026)*

Se añadió 10 ml de metanol al 80% al residuo, y se agitó en el vórtex, de igual manera mantuvimos en agitación constante por 30 min, y dejamos en reposo toda la noche (en refrigeración). Al día siguiente, centrifugamos por 10 min, y separamos el residuo y el sobrenadante (Segunda extracción).

En el residuo se añadió 5 ml de metanol al 80%, se agitó en el vórtex por segundos. Incubamos en el baño maría a 80°C por 5 min en una gradilla y centrifugamos por 10 min y filtramos el sobrenadante del residuo (Tercera extracción).

Determinación de CFT:

En un balón de 25 ml, se mezcló la primera, segunda y tercera extracción. Se mezcló muy bien. En el caso de que falte completar el aforado del balón de 25 ml, se añade metanol al 80%.

De la solución obtenida (Extracto) con la pipeta colocamos 200 μ l en un tubo de ensayo. En el caso del blanco de muestra se colocó 200 μ l de agua destilada. Después de esto, seguimos los mismos pasos para las muestras y el blanco de muestra.

Se añadió 4 ml de agua destilada y 250 μ l del reactivo de Folin Cicalteau al 2 N, mezclamos y dejamos reposar durante 6 min en la oscuridad. Se añadió 750 μ l de solución de carbonato de sodio saturado y mezclamos muy bien. Se colocó los tubos en baño maría a 40°C durante 30 min, se agitó en el vórtex. Finalmente se leyó a 765nm y se calculó la concentración de los compuestos fenólicos totales en base a la curva estándar.

Figura N° 24. Muestras para medir en el espectrofotómetro



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Preparación de la curva estándar para CFT:

Se preparó una solución stock de ácido gálico a una concentración de 5000mg/1, para ello se pesó 250mg de ácido gálico en un vaso de precipitación y se disolvió en 5ml de metanol puro. Se transvasó la solución a una fiola de 50ml protegida de la luz, y enrasarlo con agua destilada.

A partir de la solución stock se preparó soluciones estándares de ácido clorogénico con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500, 700 mg/1 para ello se tomó alícuotas de 0.25, 0.5, 1, 1:5, 2, 2.5, 3.5 ml de la solución stock y se llevó a una fiola de 25 ml con agua destilada, y analizamos cada estándar con duplicado.

De cada solución estándar se colocó 100ul en un tubo de ensayo y 100ul de agua destilada en el caso del blanco de reactivo, y se añadió 8 ml de agua destilada y 500 ul del reactivo de Folin Cicalteau.

Se mezcló en el vórtex y se dejó reposar por 6 minutos, se añadió 1500 ul de la solución saturada de carbonato de sodio y mezclamos bien. Se colocó los tubos en baño maría a 40 °C durante 30 minutos. Finalmente se leyó a 765 nm.

Preparación de reactivos:

Solución extractante: metanol 70 %

En una probeta de vidrio, se midió 300 ml de agua destilada y se transfirió a una fiola de 1L, y enrasamos con metanol puro.

Solución de carbonato de sodio saturada (20%)

Se pesó 50 g de carbonato de sodio anhidro, y se añadió 200 ml de agua destilada, se colocó en el agitador calentador hasta que se disuelva completamente y empiece a ebulir. Dejamos la solución enfriar a temperatura ambiente y añadimos una cucharadita

(aproximadamente 1,5 g) de carbonato de sodio para saturar la solución, agitamos hasta que esté completamente disuelto. Después de 24 horas, se filtró la solución con doble papel filtro Whatman # 2, el filtrado se trasvasó a una fiola de 250 ml y enrasamos con agua destilada y transferimos la solución a un frasco ámbar.

2.7.5.4.5. Determinación de la capacidad antioxidante – ABTS

Tabla N° 21. Materiales utilizados en determinación de antioxidantes ABTS

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Tubo de plástico Tubos de vidrio Gradilla	Centrifuga Vórtex Espectrofotómetro	Metanol al 80% ABTS diluida

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se pesó 0.08 g de muestra (previamente bien mezclada). Adicionamos 5 ml de metanol al 80%. Se agitó en el vortex y mantuvimos en agitación por espacio de 30 minutos. Centrifugamos durante 10 minutos a 5000 rpm. Se separó el sobrenadante en un tubo de plástico (primera extracción). Al pellet adicionamos 5ml de solución extractante. Se agitó en el vortex y se mantuvo en agitación por espacio de 30 minutos (segunda extracción). Dejamos reposar las muestras, debidamente protegidas de la luz, durante toda la noche a temperatura ambiente.

Al día siguiente centrifugamos a 5000 rpm por 10 minutos. Finalmente, se adiciono el sobrenadante al tubo de plástico de la primera extracción y enrasar a 10 ml.

Transferimos en un tubo de vidrio 150 ul de la muestra y adicionamos 2850 ul de la solución ABTS diluida. Del mismo modo transferimos en otro tubo 150 ul de metanol al 80% y adicionamos 2850 ul de la solución ABTS diluida, lo cual representará el blanco de muestra. Se agitó los tubos en el vórtex y esperamos 10 minutos. Nuevamente volvimos a agitarlos y esperamos 10 minutos más hasta que se produzca la reacción. Pasado este tiempo se leyó cada tubo a 734 nm. Si las absorbancias fueran menores a 0.2 realizar diluciones y repetir las lecturas de modo que se obtengan resultados dentro del rango (realizar el auto cero con metanol al 80%). Se realizó 2 lecturas de absorbancia las que finalmente se promediaron para los cálculos de la medición de capacidad antioxidante. Calculamos la

concentración final en comparación con la curva estándar de Trolox y expresamos los resultados en Trolox equiv / g de muestra.

Figura N° 25. Muestras terminadas para determinar ABTS



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Preparación de la Curva Estándar de Trolox

Preparamos una solución stock de Trolox a una concentración de 2000 μM de Trolox/l, hay que considerar que el peso molecular del Trolox es 250.29. Para ello se pesó 0.025 g de Trolox y diluimos en 50 ml de metanol puro. A partir de la solución stock preparamos soluciones estándares con concentraciones de 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 μM de Trolox/l. Para ello tomamos alícuotas de 2.5, 3.75, 5, 6.25, 7.5, 8.75 y 10 ml de la solución stock y enrazamos a 25 ml con metanol al 100%. Se colocó 150 μl de cada estándar en un tubo y se procedió a la evaluación de la actividad antioxidante tal y como se describe para las muestras. En este caso el blanco de muestra se denomina blanco del estándar.

Preparación de Reactivos

Solución extractante de Metanol al 80 %

En una probeta de vidrio, medimos 50 ml de agua destilada y transferimos a una fiola de 250 ml. Tapamos la fiola y mezclamos completamente.

Soluciones Stock de Colorante (Reactivo “A” & “B”)

Reactivo A (7 mM AZBTS): En un tubo tapa rosca protegido de la luz, se agregó una tableta (10mg) de AZBTS y se disolvió en 2.8 ml de agua destilada y agitamos hasta disolver completamente.

Reactivo B (2.45 mM K₂S₂O₃): En un vaso de precipitado protegido de la luz, se pesó 6.62mg de K₂S₂O₈, y agregamos 10ml de agua destilada agitando hasta disolver y transferimos a un tubo tapa rosca.

Solución Madre (Radical Cromógeno ABTS²⁺)

Se mezcló el reactivo “A” con el “B” en igual proporción (1:1). Agitamos fuertemente en el vórtex y se dejó reaccionar por 16 horas a temperatura ambiente y en condiciones de oscuridad (esta mezcla sólo puede ser usada hasta las 8 horas siguientes). El volumen de la solución madre dependerá de la cantidad de muestras que se requiera analizar.

Solución Diluida de ABTS²⁺ (Etanol al 96%)

En un frasco protegido de la luz, se tomó 3.9ml de la solución madre de ABTS y diluimos en 110ml de etanol al 96%, homogenizamos en un agitador magnético. Esta solución debe dar una lectura a 734 nm de 1.1 ± 0.02 (1.12 o 1.08) de lo contrario se debe ajustar a este valor agregando etanol al 96% o solución madre, según sea el caso (realizar el auto cero con etanol al 96%).

2.7.5.4.6. Determinación de la capacidad antioxidante – DPPH

Tabla N° 22. Materiales utilizados en determinación de antioxidantes DPPH

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
	Tubos de ensayo	Refrigerador	Metanol
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Gradilla	Centrifuga	Etanol
	Balones	Espectrofotómetro	DPPH
	Frascos	Agitador magnético	Agua destilada

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

La solución madre se preparó disolviendo 24 mg de DPPH con 100 ml de metanol y luego se almacenó a -20 °C hasta que se utilice. La solución de trabajo se obtuvo mezclando 10 ml de solución madre con 45 ml de metanol para obtener una absorbancia de $1,1 \pm 0,02$ unidades a 515 nm utilizando el espectrofotómetro.

Los extractos de la fibra (150 ml) se dejaron reaccionar con 280 µl de la solución de DPPH durante 24 h en la oscuridad. Luego se tomó la absorbancia a 515 nm. La curva estándar fue lineal entre 25 y 800 µM de Trolox. Se necesitó una dilución adicional si el valor de DPPH medido estaba por encima del rango lineal de la curva estándar.

Figura N° 26. Muestras terminadas para determinar DPPH



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.4.7. Determinación de la actividad antiinflamatoria

Tabla N° 23. Materiales utilizados en determinación de actividad antiinflamatoria

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
	Tubos de ensayo	Refrigerador	Diclofenaco
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Gradilla	Vortex	Agua destilada
	Balones	Espectrofotómetro	Solución salina con fosfato
	albumina de huevo	Agitador magnético	

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

El material (fibra) en polvo (5 g) se extrajo con 400 ml de agua destilada hirviéndolo durante 45 minutos. El extracto se filtró y se evaporó a sequedad para obtener el extracto seco (AQGA, rendimiento: 27,28%). El extracto seco se mantuvo en un desecador al vacío hasta su uso.

La mezcla de reacción (5 ml) consistió en 0.2 ml de albúmina de huevo de gallina fresca, 2.8 ml de solución salina tamponada con fosfato (PBS, pH 6.4) y 2 ml de concentraciones, de modo que las concentraciones finales fueron 31, 25, 62.5, 125, 250, 500, 1000 g/ml. Un volumen similar de agua bidestilada sirvió como control. Luego, las mezclas se incubaron a (37^o C) en una incubadora durante 15 min y luego se calentaron a 70 °C durante 5 min.

Después de enfriar, se midió su absorbancia a 660 nm, utilizando el vehículo como blanco. Se utilizó diclofenaco sódico a la concentración final de (78,125; 156,25; 312,5; 625; 1250; 2500 g/ml) como fármaco de referencia y se trató de forma similar para la determinación de la absorbancia y la viscosidad.

Figura N° 27. Muestras terminadas para determinar antiinflamatoria



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.7.5.4.8. Determinación de la actividad antidiabética

Tabla N° 24. Materiales utilizados en determinación de actividad antidiabética

Materias primas	Materiales	Equipos	Reactivos
	Tubos de vidrio	Baño maría	Hidróxido de sodio al 0,1N
	Gradilla	Centrifuga	Almidón al 4%
Fibra de las cuatro variedades de chocho	Recipiente de agua fría	Plancha magnética	α -amilasa
	Matraz	Balanza analítica	Agua destilada
	Balón de 50 ml	Espectrofotómetro	Ácido sulfúrico (Antrona)

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

Procedimiento:

Se pesaron 100 mg de muestra, y 2 mg de α -amilasa, añadimos 20 ml de almidón al 4% y mezclamos bien en un matraz.

Se incubó una hora a 37°C y se agitó en el vórtex. Añadimos 20 ml de hidróxido de sodio al 0,1 N. Mezclamos magnéticamente por 5 min, centrifugamos por 20 min y filtramos (Solución principal).

En un balón de 50 ml se colocó 100 µl de la extracción obtenida anteriormente y se aforó con agua destilada. Tomamos 1 ml de la solución en tubos de ensayo, añadimos 2 ml de antrona en cada tubo, tapamos los tubos y agitamos en el vórtex, rápidamente se puso los tubos en un recipiente de agua fría, una vez que los tubos de ensayo estén fríos, pasamos a incubación a baño maría por 10 min, posteriormente se pasó al recipiente de agua fría y se leyó en el espectrofotómetro a 605 nm.

Figura N° 28. Muestras terminadas para determinar antidiabética



Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.8. Hipótesis o preguntas científicas

Ho: La variedad de chocho y el método de extracción de la fibra no influye significativamente en las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de chocho.

H1: La variedad de chocho y el método de extracción de la fibra influye significativamente en las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de chocho

Se valida la hipótesis alternativa porque una vez realizada la investigación, con los resultados que se ha obtenido, se pudo determinar que si existe diferencia significativa en la variedad de chocho y el método de extracción de la fibra en las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de chocho.

2.9 Diseño experimental

2.9.1. Diseño completamente al azar con arreglo factorial de A x B con tres repeticiones

El diseño experimental que se aplica contiene 2 tipos de factores de estudio, por parte del factor A, se refiere a diferentes variedades de chocho, mientras que el factor B consiste en los dos métodos de extracción de fibra, por lo tanto, se considera un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de A x B con 3 repeticiones, lo que permitió mejorar la precisión de los resultados y estimar adecuadamente la variabilidad experimental.

Este diseño facilito la aplicación de análisis estadísticos, como el análisis de varianza (ANOVA), para determinar diferencias de chocho frente a los métodos de extracción de fibra empleados.

2.9.2. Factores de estudio

Tabla N° 25. Factores de estudio

Factores	Niveles
Factor A Variedades de chocho	a) INIAP 450- Andino b) Dulce blanco c) Dulce ceja café d) Dulce ceja amarilla
Factor B Métodos de extracción	a) Amargo - Seco b) Desamargado - Húmedo
Réplicas	3 por combinación
Tratamientos	8 combinaciones
Unidades experimentales	24

Elaborado por: *(Alomoto & Tayo, 2026)*

2.9.3. Tratamientos

Tabla N° 26. Tratamientos

Repetición	Tratamiento	Combinación	Descripción
I, II, III	t1	a1b1	INIAP 450-Andino – Amargo
	t2	a2b1	Dulce blanco – Amargo
	t3	a3b1	Dulce ceja café – Amargo
	t4	a4b1	Dulce ceja amarilla - Amargo
	t5	a1b2	INIAP 450-Andino – Desamargado
	t6	a2b2	Dulce blanco – Desamargado
	t7	a3b2	Dulce ceja café - Desamargado
	t8	a4b2	Dulce ceja amarilla – Desamargado

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.9.4. Análisis de varianza

Tabla N° 27. Cuadro de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	Fórmula
Repeticiones	2	r-1
Factor A	3	A-1
Factor B	1	B-1
Interacción A*B	3	(A-1) (B-1)
Error	6	A*B) (r-1)
Total	15	(A*B*r) -1

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.9.5. Variables dependientes e independientes

Tabla N° 28. Variables dependientes e independientes

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Medición
Estudio de las características químicas y propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho	Variedades de chocho <ul style="list-style-type: none"> • INIAP 450-Andino • Dulce blanco • Dulce ceja café • Dulce ceja amarilla 	Análisis para determinación de características químicas	Características químicas <ul style="list-style-type: none"> • Celulosa • Hemicelulosa • Lignina • Pentosanas • Pectinas • Galactanas • Fibra cruda • Fibra dietética insoluble y soluble • Calcio • Alcaloides
	Método de extracción <ul style="list-style-type: none"> • Amargo - Seco • Desamargado - Húmedo 	Análisis para determinación de propiedades funcionales	Propiedades funcionales <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de intercambio catiónico • Capacidad de absorción de moléculas orgánicas • Índice de absorción de agua. • Índice de solubilidad de agua • Poder de hinchamiento • Compuestos fenólicos • Capacidad antioxidante • Capacidad antiinflamatoria • Capacidad antidiabética

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026)

2.10. Análisis y discusión de resultados

2.10.1. Componentes de la fibra dietética de cuatro variedades de chocho

Tabla N° 29. Resultados obtenidos de los componentes de la fibra dietética

TRATAMIENTOS	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Pentosanas	Pectinas	Galactanas
	(%)					
t1	60.305±0.226 ^d	11.621±0.003 ^b	6.943±0.006 ^b	0.017±0.001 ^b	0.037±0.001 ^a	0.051±0.001 ^a
t2	60.711±0.055 ^d	7.353±0.001 ^c	4.048±0.011 ^d	0.026±0.001 ^a	0.016±0.001 ^f	0.028±0.002 ^c
t3	64.093±0.487 ^c	5.798±0.002 ^e	2.755±0.012 ^g	0.010±0.001 ^e	0.028±0.001 ^c	0.029±0.001 ^c
t4	57.400±0.061 ^e	3.547.002 ^g	3.768±0.011 ^f	0.012±0.001 ^d	0.020±0.002 ^d	0.048±0.002 ^{ab}
t5	60.154±0.595 ^d	12.364±0.003 ^a	7.627±0.006 ^a	0.017±0.001 ^b	0.019±0.001 ^{de}	0.017±0.001 ^d
t6	64.282±0.321 ^c	4.432±0.002 ^f	3.885±0.011 ^e	0.015±0.001 ^c	0.018±0.001 ^{ef}	0.029±0.001 ^c
t7	67.474±0.409 ^a	2.642±0.011 ^h	4.396±0.004 ^c	0.015±0.001 ^c	0.035±0.001 ^{ab}	0.045±0.001 ^b
t8	66.048±0.192 ^b	6.571±0.007 ^d	3.773±0.005 ^f	0.010±0.001 ^e	0.034±0.002 ^b	0.052±0.001 ^a

Nota: (t1: andino amargo, t2: dulce blanco amargo, t3: dulce ceja café amargo, t4: dulce ceja amarilla amargo, t5: andino desamargado, t6: dulce blanco desamargado, t7: dulce ceja café desamargado, t8: dulce ceja amarilla desamargado)

Los valores de la tabla N° 29 muestran que el contenido de celulosa presenta el valor más alto en el t7 (dulce ceja café desamargado) con 67,47%, seguido del t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 66,04%. Resultados similares fueron reportados por (Vallejo et al., 2021), quienes indican que, aunque la mazorca de maíz contiene una cantidad considerable de fibra estructural, su contenido de celulosa alcanza aproximadamente el 26%, valor significativamente inferior al observado en la variedad dulce ceja café desamargado.

Esta diferencia evidencia que las leguminosas y en particular el chocho, presentan una mayor proporción de celulosa debido a su estructura de pared celular más desarrollada. Asimismo, el método de extracción de desamargado contribuye a incrementar la proporción relativa de celulosa al eliminar compuestos solubles, concentrando los componentes estructurales de la fibra, lo que explica los valores elevados obtenidos en los tratamientos.

Tabla N° 30. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Celulosa

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.97732
Error: 0.1195 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Café	Desamargado	67.47	3	0.20	A	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	66.05	3	0.20		B
Dulce Blanco	Desamargado	64.28	3	0.20		C
Dulce Ceja Café	Amargo	64.09	3	0.20		C
Dulce Blanco	Amargo	60.71	3	0.20		D
Andino	Amargo	60.30	3	0.20		D
Andino	Desamargado	60.15	3	0.20		D
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	57.40	3	0.20		E

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Debido a que la interacción variedad *método de extracción fue estadísticamente significativa ($p < 0.0001$), la comparación de medias se realiza mediante la prueba de Tukey para los tratamientos combinados, observándose que el t7 (dulce ceja café desamargado) presenta el mayor contenido de celulosa (67,47 %), diferenciándose significativamente del resto de tratamientos.

En cuanto a la **hemicelulosa**, los mayores valores registrados son 12,36% del t5 (INIAP 450-andino desamargado), seguido de 11,62% del t1 (INIAP 450-andino amargo) coincide con un menor contenido de celulosa. Las variaciones observadas se atribuyen a la variedad de chocho, ya que las diferencias genéticas entre variedades influyen directamente en la composición de la pared celular y en la proporción de polisacáridos estructurales, como la hemicelulosa. (James et al., 2020) reportaron un contenido superior de hemicelulosa del 17,18% en frijol de aceite africano; sin embargo, este valor es mayor al obtenido en el presente estudio debido a las características propias del material vegetal analizado.

Tabla N° 31. Prueba de Tukey (variedad* método de extracción) - Hemicelulosa

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01432
Error: 0.0000 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Desamargado	12.36	3	2.9E-03	A	
Andino	Amargo	11.62	3	2.9E-03		B
Dulce Blanco	Amargo	7.35	3	2.9E-03		C
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	6.57	3	2.9E-03		D
Dulce Ceja Café	Amargo	5.80	3	2.9E-03		E
Dulce Blanco	Desamargado	4.43	3	2.9E-03		F
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	3.55	3	2.9E-03		G
Dulce Ceja Café	Desamargado	2.64	3	2.9E-03		H

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) en la interacción variedad *método de extracción se evidencia diferencias significativas en el contenido de hemicelulosa entre las combinaciones evaluadas. La mayor media corresponde a t5 (INIAP 450-andino desamargado) con el 12,36%, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos.

En el contenido de **lignina** se muestran los valores más altos en t5 (INIAP 450-andino desamargado) con 7,63%, de igual manera en t1 (INIAP 450-andino amargo) con 6,95%, lo que atribuye a factores genéticos que determinan una mayor resistencia y lignificación a la pared celular. En comparación (**James et al., 2020**) reportaron un contenido de lignina de 8,17% en el grano de maní, valor superior al del presente estudio, debido a diferencias botánicas.

Tabla N° 32. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Lignina

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02489
Error: 0.0001 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Desamargado	7.63	3	0.01	A	
Andino	Amargo	6.94	3	0.01	B	
Dulce Ceja Café	Desamargado	4.40	3	0.01	C	
Dulce Blanco	Amargo	4.05	3	0.01	D	
Dulce Blanco	Desamargado	3.89	3	0.01	E	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	3.77	3	0.01	F	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	3.77	3	0.01	F	
Dulce Ceja Café	Amargo	2.76	3	0.01	G	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la interacción variedad *método de extracción muestra diferencias significativas en el contenido de lignina. La combinación del t5 (INIAP 450-andino desamargado) presenta el mayor valor con 7,63%, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos, los resultados muestran que ciertas combinaciones favorecen una reducción más efectiva de la lignina, mejorando las características de la fibra.

La variedad INIAP 450-andino presenta valores elevados tanto de hemicelulosa como lignina, lo que indica que se trata de un genotipo con una pared celular más compleja y estructuralmente resistente en comparación con las otras variedades evaluadas. Los resultados permiten interpretar que la variedad INIAP 450-andino responde de manera diferente a los métodos de extracción, manteniendo mayores concentraciones de hemicelulosa y lignina debido a su mayor resistencia estructural.

El contenido de **pentosanas** esta influenciado por la variedad y el método de extracción. El mayor valor se obtiene en el t2 (dulce blanco amargo) con 0,030%, seguido del t5 (INIAP 450-andino desamargado) con 0,020%, lo que indica que las variedades con mayor proporción de hemicelulosa y los métodos de extracción menos agresivos favorecen la retención de pentosanas. El método amargo preserva estos polisacáridos al involucrar menos lavados, mientras que el desamargado promueve su solubilización parcial. En comparación, (Asangalieva, 2015) reporta un 1,5% de pentosanas en arroz, valor superior debido a diferencias botánicas entre cereales y leguminosas.

*Tabla N° 33. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Pentosanas*

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00200
Error: 0.0000 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Blanco	Amargo	0.03	3	4.1E-04	A	
Andino	Desamargado	0.02	3	4.1E-04		B
Andino	Amargo	0.02	3	4.1E-04		B
Dulce Blanco	Desamargado	0.02	3	4.1E-04		C
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.01	3	4.1E-04		C
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0.01	3	4.1E-04		D
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.01	3	4.1E-04		E
Dulce Ceja Café	Amargo	0.01	3	4.1E-04		E

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la interacción variedad*método de extracción se evidencia diferencias estadísticamente significativas en el contenido de pentosanas. La combinación t2 (dulce blanco amargo) presenta el mayor valor con el 0,030%, ubicándose en el grupo A, lo que indica una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos, siendo el método de extracción amargo más favorable para conservar pentosanas en la variedad dulce blanco.

El contenido de **pectinas** en la fibra de chocho esta influenciado tanto por la variedad como por el método de extracción. El valor más alto se registra en t1 (INIAP 450- andino amargo) con 0,040%, seguido de t7 (dulce ceja café desamargado) con 0,035%, lo que evidencia que ciertas combinaciones favorecen la conservación de este polisacárido estructural, lo que explica la mayor retención de pectinas cuando se aplica el método de extracción amargo. En el caso del método de extracción desamargado permite preservar pectinas asociadas a la matriz celular, aunque en menor proporción. En contraste, (Mendoza-Vargas et al., 2017) un 13% de pectina en cáscara de cacao, valor superior debido a diferencias estructurales y botánicas.

Tabla N° 34. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Pectina

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00294

Error: 0.0000 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	0.04	3	6.0E-04	A	
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.03	3	6.0E-04	A	B
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.03	3	6.0E-04		B
Dulce Ceja Café	Amargo	0.03	3	6.0E-04		C
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0.02	3	6.0E-04		D
Andino	Desamargado	0.02	3	6.0E-04		D E
Dulce Blanco	Desamargado	0.02	3	6.0E-04		E F
Dulce Blanco	Amargo	0.02	3	6.0E-04		F

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la interacción variedad*método de extracción muestra diferencias significativas entre las combinaciones evaluadas. La combinación t1 (INIAP 450-andino amargo) presenta el mayor contenido de pectinas con el 0,040% siendo estadísticamente superior al resto. Estos resultados evidencian que la selección conjunta de la variedad y el método de extracción es determinante para maximizar el contenido de pectinas.

Por último, el contenido de **galactanas** esta influenciado tanto por la variedad como por el método de extracción. Los valores más altos se registran en t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 0,052% y t1 (INIAP 450-andino amargo) con 0,051%, lo que evidencia que determinadas combinaciones favorecen la retención de galactanas.

Al contrastar (Villacrés et al., 2013) menciona que las galactanas se encuentran en mayor concentración en el sangorache (5,08%) y el amaranto (4,04%); mientras que en el chocho (grano entero) alcanza un promedio de 0,31% y en la quinua 0,10%, a comparación con los resultados obtenidos en este estudio son valores muy inferiores esto significa que en la fibra solo contiene muy poca cantidad de galactanas a diferencia del cotiledón.

Tabla N° 35. Prueba de Tukey (variedad*método de extracción) - Galactanas

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00400

Error: 0.0000 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.05	3	8.2E-04	A	
Andino	Amargo	0.05	3	8.2E-04	A	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0.05	3	8.2E-04	A	B
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.05	3	8.2E-04		B
Dulce Blanco	Desamargado	0.03	3	8.2E-04		C
Dulce Ceja Café	Amargo	0.03	3	8.2E-04		C
Dulce Blanco	Amargo	0.03	3	8.2E-04		C
Andino	Desamargado	0.02	3	8.2E-04		D

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la interacción variedad y método de extracción muestra diferencias significativas entre las combinaciones evaluadas, evidenciando que la concentración de galactanas no responde de forma uniforme al método aplicado. El valor mayor es el t8 (dulce ceja amarilla desamargada) con el 0,052% en el grupo estadístico A.

2.10.2. Características químicas de la fibra de cuatro variedades de chocho

Tabla N° 36. Resultados obtenidos de la fibra dietética

TRATAMIENTOS	FC	FDI	FDS	FDT	FDI/FDS	Ca	Alcaloides
	(%)						
t1	51.101±0.220 ^a	84.306±0.496 ^b	2.588±0.055 ^d	86.894±0.551 ^c	32.574	0.595±0.011 ^d	0.14
t2	44.821±0.063 ^c	83.862±0.055 ^b	2.681±0.055 ^d	86.543±0.109 ^c	31.286	0.476±0.016 ^e	0
t3	46.423±0.941 ^{bc}	85.841±0.332 ^{ab}	3.485±0.055 ^{bc}	89.325±0.387 ^{abc}	24.635	0.597±0.022 ^d	0
t4	41.105±0.221 ^d	84.144±2.707 ^b	3.315±0.110 ^c	87.459±2.597 ^{bc}	25.383	0.497±0.022 ^e	0
t5	45.390±0.873 ^{bc}	85.434±0.655 ^{ab}	3.655±0.055 ^b	89.089±0.600 ^{abc}	23.373	0.982±0.011 ^c	0
t6	44.342±3.101 ^{cd}	86.561±0.816 ^{ab}	4.189±0.054 ^a	90.751±0.871 ^a	20.662	0.598±0.022 ^d	0
t7	45.605±0.055 ^{bc}	88.281±0.055 ^a	2.322±0.111 ^e	90.603±0.166 ^a	38.024	1.255±0.028 ^b	0.11
t8	48.435±0.549 ^{ab}	87.589±0.384 ^a	2.691±0.055 ^d	90.280±0.329 ^{ab}	32.551	1.323±0.038 ^a	0

Nota: (t1: andino amargo, t2: dulce blanco amargo, t3: dulce ceja café amargo, t4: dulce ceja amarilla amargo, t5: andino desamargado, t6: dulce blanco desamargado, t7: dulce ceja café desamargado, t8: dulce ceja amarilla desamargado, FC: Fibra cruda, FDI: Fibra dietética insoluble, FDS: Fibra dietética soluble, FDT: Fibra dietética total, Ca: Calcio)

Los valores más altos de **fibra cruda** se observan en el t1 (INIAP 450-andino amargo) con 51,10%, seguido del t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 48,43%. Lo que indica la influencia directa de la variedad de chocho empleada y del método de extracción utilizado. Este resultado puede atribuirse a que dicha variedad presenta una mayor proporción de componentes estructurales. Además, un método de extracción menos agresivo favorece la conservación de la fracción fibrosa, incrementando su concentración final. Estos valores superiores concuerdan con lo reportado por (CARPIO, 2023) quien indica un contenido de 48,7 % de fibra cruda en el tarwi, confirmando que los resultados se encuentran dentro del rango esperado para leguminosas andinas.

*Tabla N° 37. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) – F. Cruda*

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.41451

Error: 1.4590 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	51.10	3	0.70	A	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	48.44	3	0.70	A	B
Dulce Ceja Café	Amargo	46.42	3	0.70	B	C
Dulce Ceja Café	Desamargado	45.61	3	0.70	B	C
Andino	Desamargado	45.39	3	0.70	B	C
Dulce Blanco	Amargo	44.82	3	0.70		C
Dulce Blanco	Desamargado	44.34	3	0.70		C D
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	41.11	3	0.70		D

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

El mejor valor es del t1 (INIAP 450-andino amargo), que presenta el mayor contenido de fibra cruda con 51,10% y se ubica en el grupo A, siendo estadísticamente superior a la mayoría de las combinaciones evaluadas ($p < 0,05$). Este resultado indica que la variedad INIAP 450-andino, combinada con el método de extracción amargo, favorece significativamente la retención de fibra cruda, probablemente por su mayor contenido estructural y por un proceso de extracción que conserva mejor la fracción fibrosa.

En cuanto a la **fibra dietética insoluble (FDI)**, los tratamientos t7(dulce ceja café desamargado) con 88,28% y t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 87,59% presentan los valores más elevados. Estos resultados indican que el método de extracción por desamargado influye directamente en el incremento de la FDI, ya que durante este proceso se eliminan diversos compuestos, concentrando la fracción insoluble de la fibra. Por ello los valores obtenidos son considerablemente superiores a los reportados por (Bedoya et al., 2022) demuestran que el frijol petaco verde contiene 13,6% de fibra insoluble, así mismo

un 12,10% en frijol petaco seco, confirmando el efecto del desamargado sobre el aumento de la fibra dietética insoluble.

Tabla N° 38. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Insoluble

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.98471

Error: 1.1148 gl: 16

Variedad	Extracción	M Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Café	Desamargado	88.28	3	0.61	A
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	87.59	3	0.61	A
Dulce Blanco	Desamargado	86.56	3	0.61	A B
Dulce Ceja Café	Amargo	85.84	3	0.61	A B
Andino	Desamargado	85.43	3	0.61	A B
Andino	Amargo	84.31	3	0.61	B
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	84.14	3	0.61	B
Dulce Blanco	Amargo	83.86	3	0.61	B

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) evidencia diferencias significativas entre tratamientos. El mayor valor corresponde a t7 (dulce ceja café desamargado) con 88,28%, ubicado en el grupo A, siendo estadísticamente superior a los tratamientos del grupo B. Los tratamientos con desamargado tendieron a presentar valores más altos, mientras que las combinaciones con el método amargo muestran los valores más bajos.

La **fibra dietética soluble (FDS)** muestra un comportamiento inverso a la FDI. Registrando los valores más altos en t6(dulce blanco desamargado) con 4,19% y t5 (INIAP 450-andino desamargado) con 3,66%. Este incremento se atribuye a la influencia del método de extracción por desamargado, el cual facilita la solubilización y liberación de compuestos como pectinas o gomas presentes en las variedades evaluadas. Durante el desamargado, la hidratación y el arrastre de sustancias amargas favorecen la disponibilidad de la fracción soluble, incrementando su concentración. Por ellos los valores obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por (Bedoya et al., 2022) manifiesta que contiene 2,51% de fibra dietética soluble en frijol petaco verde en cambio, el frijol petaco seco contiene 3,27 %.

*Tabla N° 39. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Soluble*

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20853

Error: 0.0054 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Blanco	Desamargado	4.19	3	0.04	A	
Andino	Desamargado	3.66	3	0.04	B	
Dulce Ceja Café	Amargo	3.48	3	0.04	B	C
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	3.31	3	0.04		C
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	2.69	3	0.04		D
Dulce Blanco	Amargo	2.68	3	0.04		D
Andino	Amargo	2.59	3	0.04		D
Dulce Ceja Café	Desamargado	2.32	3	0.04		E

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05\%$) muestra diferencias significativas entre tratamientos. El mayor valor corresponde a t6 (dulce blanco desamargado) con 4,19%, ubicado en el grupo A. Los valores intermedios se agruparon en los grupos B y C, mientras que los tratamientos con método de extracción amargo presentaron los valores más bajos en el grupo D. El menor contenido se registra en t7 (dulce ceja café desamargado) con 2,32%, perteneciente al grupo E, confirmando la influencia del método de extracción.

Respecto a la **fibra dietética total (FDT)**, los valores obtenidos en t6 (dulce blanco desamargado) con 90,75% y el t7 (dulce ceja café desamargado) con 90,60%, evidencian la influencia directa del método de extracción, el cual permite la concentración de la fibra al eliminar componentes no fibrosos como almidones, proteínas y compuestos solubles. Este proceso favorece la recuperación conjunta de las fracciones insolubles y solubles, incrementando el contenido total de la fibra.

Por ello a diferencia de los valores reportados por (Bedoya et al., 2022) poseen valores mucho más inferiores en frijol petaco verde tiene 16,10% de fibra dietética total y en frijol petaco seco posee el 15,40%, a diferencia de los resultados obtenidos en la presente indagación la cáscara de chocho contiene mucho más FDT que en diferentes granos enteros,

Tabla N° 40. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - FDT

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.90969

Error: 1.0595 gl: 16

Variedad	Extracción	M Medias	n	E.E.	
Dulce Blanco	Desamargado	90.75	3	0.59	A
Dulce Ceja Café	Desamargado	90.60	3	0.59	A
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	90.28	3	0.59	A B
Dulce Ceja Café	Amargo	89.33	3	0.59	A B C
Andino	Desamargado	89.09	3	0.59	A B C
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	87.46	3	0.59	B C
Andino	Amargo	86.89	3	0.59	C
Dulce Blanco	Amargo	86.54	3	0.59	C

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para la fibra dietética total evidencia diferencias significativas entre tratamientos. El mejor valor es el t6 (dulce blanco desamargado), que alcanzó el mayor contenido de FDT con 90,75% y se ubica en el grupo A. En contraste, los tratamientos con método de extracción amargo, especialmente t2 (dulce blanco amargo) con 86,54%, presenta los valores más bajos, confirmando que el desamargado favorece mayores contenidos.

La relación **FDI/FDS** es un indicador que permite evaluar el equilibrio entre la fibra dietética insoluble y soluble presente en cada tratamiento, lo cual tiene implicaciones nutricionales, En este estudio, los tratamientos t7 (dulce ceja café desamargada) con 38,02% y t1 (INIAP 450- andino amargo) con 32,57% presento las relaciones más altas, asociada principalmente a efectos fisiológicos como el aumento del volumen fecal y la regulación del tránsito intestinal. Por lo contrario, los tratamientos t6 (dulce blanco desamargado) con 20,66% y t5 (INIAP 450- andino amargo) con 23,37% muestran relaciones más equilibradas, indicando una mayor proporción relativa de fibra soluble, la cual se asocia con beneficios funcionales como la regulación de la glucosa y el colesterol. Por ello, estos tratamientos pueden considerarse nutricionalmente más favorables al ofrecer un mejor balance entre ambas fricciones de fibra dietética.

El contenido de **calcio (Ca)**, muestra su valor más alto en el t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 1,32%, seguido por t7 (dulce ceja café desamargado) con 1,25%. Estos resultados evidencian la influencia del método de extracción, ya que los procesos aplicados favorecen la concentración del calcio al eliminar fracciones orgánicas, aumentando de forma relativa el contenido mineral. Además, el calcio se encuentra mayoritariamente asociado a la pared celular de la cáscara de chocho, por lo que su recuperación se ve potenciada con métodos que preservan estas estructuras. En comparación con lo reportado

por (Grela et al., 2017) los valores obtenidos en las semillas de lupino andino, haba, frijol común, arveja tienen un contenido de calcio del 1,0% a 2,8%, en comparación con los valores obtenidos en este estudio, se encuentran dentro del rango.

*Tabla N° 41. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Calcio*

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06452
Error: 0.0005 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	1.32	3	0.01	A	
Dulce Ceja Café	Desamargado	1.25	3	0.01	B	
Andino	Desamargado	0.98	3	0.01	C	
Dulce Blanco	Desamargado	0.60	3	0.01	D	
Dulce Ceja Café	Amargo	0.60	3	0.01	D	
Andino	Amargo	0.60	3	0.01	D	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0.50	3	0.01	E	
Dulce Blanco	Amargo	0.48	3	0.01	E	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) evidencia diferencias significativas en el contenido de calcio entre tratamientos. El mayor valor se obtuvo en t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 1,32%. Los tratamientos con método amargo presentan valores más bajos, confirmando que el desamargado favorece mayores contenidos de calcio.

En cuanto, al contenido de **alcaloides**, la ausencia de este compuesto en la mayoría de los tratamientos t2 (dulce blanco amargo), t3 (dulce ceja café amargo), t4 (dulce ceja amarilla amargo), t5 (INIAP 450- andino desamargado), t6 (dulce blanco desamargado), y t8 (dulce ceja amarilla desamargado) evidencia que las variedades evaluadas presentan bajos niveles naturales de alcaloides, lo cual es altamente favorable desde el punto de vista nutricional y la inocuidad alimentaria.

La presencia mínima registrada en t1 (INIAP 450- andino amargo) con 0,14% y t7 (dulce ceja café desamargado) con 0,11%, se atribuye principalmente a la variedad de chocho, ya que existen diferencias genéticas que determinan el contenido inicial de alcaloides en el grano. No obstante, los valores obtenidos son considerablemente inferiores al rango reportado por (Kamel et al., 2016) en los altramuces contienen entre un 0,4% a 3,0% de alcaloides en el peso seco de sus semillas, en cuanto a los resultados dados en esta investigación son aún más inferiores que el rango.

Tabla N° 42. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Alcaloides

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000

Error: 0,0000 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	0,14	3	0,00	A	
Dulce Ceja Café	Desamargado	0,11	3	0,00	B	
Dulce Blanco	Amargo	0,00	3	0,00	C	
Dulce Blanco	Desamargado	0,00	3	0,00	C	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0,00	3	0,00	C	
Andino	Desamargado	0,00	3	0,00	C	
Dulce Ceja Café	Amargo	0,00	3	0,00	C	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0,00	3	0,00	C	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) muestra diferencias significativas en el contenido de alcaloides entre los tratamientos. El tratamiento t1 (INIAP 450- andino amargo) presenta el valor más alto con el 0,14%, siendo significativamente al resto. El t7 (dulce ceja café desamargado) muestra un contenido intermedio de 0,11%, distinto al grupo con valores nulos. Los demás tratamientos, agrupados con la letra C, no presentaron diferencias significativas entre sí y registran valores a cero.

2.10.3. Propiedades funcionales de la fibra de cuatro variedades de chocho

Tabla N° 43. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales

TRATAMIENTOS	CIC	CAMO	IAA	ISA	PH
	%	(g aceite/ g muestra)		(%)	
t1	0.729±0.027 ^e	1.463±0.011 ^{ab}	4.202±0.068 ^d	2.933±0.133 ^b	4.329±0.076 ^d
t2	1.059±0.013 ^b	1.317±0.011 ^{bc}	4.606±0.026 ^c	2.967±0.167 ^b	4.746±0.018 ^c
t3	0.840±0.027 ^d	1.315±0.002 ^{bc}	4.607±0.063 ^c	2.700±0.167 ^b	4.727±0.065 ^c
t4	0.650±0.027 ^e	1.332±0.019 ^{bc}	4.675±0.064 ^c	3.833±0.100 ^a	4.862±0.072 ^c
t5	0.842±0.013 ^d	1.275±0.017 ^{cd}	5.393±0.014 ^b	1.967±0.100 ^c	5.501±0.020 ^b
t6	1.160±0.040 ^a	1.174±0.014 ^e	5.436±0.008 ^b	2.167±0.100 ^c	5.556±0.014 ^b
t7	0.948±0.027 ^c	1.361±0.075 ^b	5.337±0.013 ^b	1.200±0.067 ^d	5.401±0.010 ^b
t8	0.861±0.054 ^{cd}	1.213±0.006 ^{de}	5.796±0.204 ^a	1.267±0.067 ^d	5.870±0.203 ^a

Nota:(t1: andino amargo, t2: dulce blanco amargo, t3: dulce ceja café amargo, t4: dulce ceja amarilla amargo, t5: andino desamargado, t6: dulce blanco desamargado, t7: dulce ceja café desamargado, t8: dulce ceja amarilla desamargado, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, CAMO: Capacidad de absorción de moléculas orgánicas, IAA: Índice de absorción de agua, ISA: Índice de solubilidad de agua, PH: Poder de hinchamiento)

Respecto a las propiedades funcionales, en el CIC (**capacidad de intercambio catiónico**) el tratamiento t6 (dulce blanco desamargado) con 1.16 %, seguido de t2 (dulce blanco amargo) con 1.05 %. Las diferencias observadas se pueden atribuirse tanto a la variedad como al método de extracción. La variedad influye por su composición química,

especialmente en el contenido de fibra soluble y pectina; mientras que el método de extracción puede aumentar la exposición de grupos carboxílicos y mejorar la disponibilidad de sitios de intercambio. En contraste, (Villacrés et al., 2013) reporta que las fibras del amaranto y el sangorache, presenta mayor capacidad de intercambio catiónico con 0,35% y 0,34% demostrando que la cascara de chocho tiene mayor cantidad de CIC. Esto indica que la cáscara de chocho posee mayor cantidad de sitios activos capaces de retener cationes.

*Tabla N° 44. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - CIC*

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08759

Error: 0.0010 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Blanco	Desamargado	1.16	3	0.02	A	
Dulce Blanco	Amargo	1.06	3	0.02	B	
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.95	3	0.02	C	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.86	3	0.02	C	D
Andino	Desamargado	0.84	3	0.02		D
Dulce Ceja Café	Amargo	0.84	3	0.02		D
Andino	Amargo	0.73	3	0.02		E
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	0.65	3	0.02		E

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) muestra diferencias significativas entre las combinaciones evaluadas. La mayor capacidad de intercambio catiónico se obtiene en el t6 (dulce blanco desamargado) con 1,16%, ubicándose en el grupo estadístico A, lo que indica que es significativamente superior al resto de tratamientos. Estos resultados confirman que existe un efecto significativo de la interacción entre variedad y método de extracción, siendo el t6 que potencia en mayor medida el CIC.

La **capacidad de absorción de aceite (CAMO)** es mayor el t1 (INIAP 450-andino amargo) con 1.46 g aceite/g muestra y t7 (dulce ceja café desamargado) con 1.36g aceite/g muestra, lo que indica una mayor afinidad de la fibra por compuestos lipofílicos. La variedad influye por su diferente composición de fibra, mientras que el método de extracción puede modificar la estructura, aumentar la porosidad y exponer más sitios hidrofóbicos. Según (Villacrés et al., 2013) la fibra de quinua en la variedad de tunkahuan presenta una mayor capacidad de absorción de moléculas orgánicas con el 2,05 g aceite/g, los resultados obtenidos son menores, esto evidencia que la cáscara de chocho posee una buena capacidad de retención de aceite, propiedad importante en aplicaciones alimentarias.

Tabla N° 45. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - CAMO

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08244

Error: 0.0009 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	1.46	3	0.02	A	
Dulce Ceja Café	Desamargado	1.36	3	0.02	B	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	1.33	3	0.02	B	C
Dulce Blanco	Amargo	1.32	3	0.02	B	C
Dulce Ceja Café	Amargo	1.31	3	0.02	B	C
Andino	Desamargado	1.28	3	0.02	C	D
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	1.21	3	0.02	D	E
Dulce Blanco	Desamargado	1.17	3	0.02	E	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) evidencia diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El mayor valor de materia orgánica se obtiene en el tratamiento t1 (INIAP 450- andino amargo) con 1,46%, clasificada en el grupo estadístico A, lo que indica que es significativamente superior a las demás combinaciones. Estos resultados confirman que la materia orgánica depende de la interacción entre la variedad y método de extracción.

El IAA (**Índice de absorción de agua**) presenta los valores más altos en el t8 (dulce ceja amarilla desamargada) con 5.80, seguido del t6 (dulce blanco desamargado) con 5,44. Esto indica una mayor capacidad de las fibras para retener agua, lo cual puede atribuirse a una mayor porosidad y exposición de grupos hidrofílicos. Según (Rodríguez, 2012) en la harina de papa tiene 4,48 de índice de absorción de agua, lo que indica que la fibra de chocho posee una adecuada capacidad de retención de agua y se encuentra dentro de rangos comparables a otras fuentes vegetales.

Tabla N° 46. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - IAA

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23540

Error: 0.0069 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	5.80	3	0.05	A	
Dulce Blanco	Desamargado	5.44	3	0.05	B	
Andino	Desamargado	5.39	3	0.05	B	
Dulce Ceja Café	Desamargado	5.34	3	0.05	B	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	4.68	3	0.05	C	
Dulce Ceja Café	Amargo	4.61	3	0.05	C	
Dulce Blanco	Amargo	4.61	3	0.05	C	
Andino	Amargo	4.20	3	0.05	D	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) muestra significancia entre tratamientos. El mejor tratamiento en índice de absorción de agua es t6 (dulce ceja amarilla desamargado) con el

5,80 en el grupo estadístico A. De acuerdo con estos resultados se confirma que el IAA depende de la interacción entre variedad y el método de extracción, observándose que el proceso de desamargado favorece significativamente una mayor capacidad de absorción de agua.

En cuanto al **ISA (Índice de solubilidad de agua)**, el tratamiento t4 (dulce ceja amarilla amargo) con 3,83% destacó con el mayor índice, seguido de t2 (dulce blanco amargo) con 2,97%, influye el método de extracción ya que puede modificar la estructura de la pared celular y favorecer una mayor liberación de compuesto solubles, posiblemente por una descomposición parcial de las hemicelulosas. Como lo menciona **(Hettiarachchi & Gunathilake, 2023)** presenta que las semillas de *Mucuna pruriens* no germinado tiene una mayor cantidad de índice de solubilidad con el 27,01%, aunque los resultados de este estudio son menores a los reportados, esto explica por qué la fibra de chocho contiene mayor proporción de componentes insolubles.

Tabla N° 47. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - ISA

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.33499

Error: 0.0140 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	3.83	3	0.07	A	
Dulce Blanco	Amargo	2.97	3	0.07	B	
Andino	Amargo	2.93	3	0.07	B	
Dulce Ceja Café	Amargo	2.70	3	0.07	B	
Dulce Blanco	Desamargado	2.17	3	0.07	C	
Andino	Desamargado	1.97	3	0.07	C	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	1.27	3	0.07	D	
Dulce Ceja Café	Desamargado	1.20	3	0.07	D	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) demuestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos, el mejor tratamiento t4 (dulce ceja amarilla amargo) con el 3,83 % perteneciente al grupo A. Estos resultados confirman que el ISA esta influenciado por el método de extracción amargo favoreciendo una mayor solubilidad en agua.

Respecto al **poder de hinchamiento (PH)**, los valores más altos se presentaron en t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 5,87 y t6 (dulce ceja café desamargado) con 5,55. El método de extracción influye un mayor poder de hinchamiento reflejando una estructura de fibra capaz de retener más agua dentro de su matriz, incrementando su volumen. Esto mejora la sensación de saciedad y función intestinal. De acuerdo con **(Hettiarachchi & Gunathilake, 2023)** manifiesta que tiene 9,66 de poder de hinchamiento en harina de

semillas de *Gladiator de canavalia* no germinado, a diferencia de los resultados la fibra de chocho tiene cantidades inferiores a los relacionados.

Tabla N° 48. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - PH

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23895

Error: 0.0071 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	5.87	3	0.05	A	
Dulce Blanco	Desamargado	5.56	3	0.05	B	
Andino	Desamargado	5.50	3	0.05	B	
Dulce Ceja Café	Desamargado	5.40	3	0.05	B	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	4.86	3	0.05	C	
Dulce Blanco	Amargo	4.75	3	0.05	C	
Dulce Ceja Café	Amargo	4.73	3	0.05	C	
Andino	Amargo	4.33	3	0.05	D	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) manifiesta significancia entre tratamientos, el mejor tratamiento t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con el 5,87 de poder de hinchamiento perteneciente al grupo A, observándose que el proceso de desamargado favorece significativamente una mayor capacidad de expansión de la fibra.

2.10.4. Actividades antioxidantes, antiinflamatorias y antidiabéticas de la fibra de cuatro variedades de chocho

Tabla N° 49. Resultados obtenidos de las propiedades funcionales

TRATAMIENTOS	Capacidad Antioxidante			Actividad	Actividad antidiabética	
	Fenoles	ABTS	DPPH	Antiinflamatoria	Producción de glucosa	Reducción de amilasa
	(mg Ac gálico/g)	Eq Trolox /g		% Inhibición	(mmoles de glucosa/g)	(%)
t1	6.577±0.152 ^a	11.484±0.128 ^a	1.312±0.007 ^{bc}	337.293±1.677 ^h	31.857±1.319 ^{bc}	33.71
t2	2.773±0.200 ^c	8.277±0.059 ^b	1.255±0.000 ^c	960.512±1.683 ^b	28.617±1.205 ^c	40.45
t3	2.418±0.133 ^d	6.534±0.097 ^c	1.401±0.035 ^{ab}	997.630±1.427 ^a	32.453±1.623 ^{bc}	32.47
t4	3.600±0.054 ^b	8.538±0.212 ^b	1.503±0.041 ^a	584.948±1.856 ^e	31.867±0.974 ^{bc}	33.69
t5	0.588±0.019 ^f	0.307±0.014 ^f	0.666±0.095 ^d	573.450±1.187 ^f	33.309±1.701 ^b	30.69
t6	1.520±0.039 ^e	2.378±0.100 ^d	1.344±0.014 ^{bc}	891.325±2.553 ^c	34.560±0.954 ^b	28.08
t7	0.399±0.020 ^{fg}	0.224±0.009 ^f	0.343±0.014 ^e	645.665±2.597 ^d	35.126±0.610 ^b	26.91
t8	0.161±0.010 ^g	0.693±0.069 ^e	0.340±0.014 ^e	529.152±1.190 ^g	38.638±1.547 ^a	19.60

Nota:(t1: andino amargo, t2: dulce blanco amargo, t3: dulce ceja café amargo, t4: dulce ceja amarilla amargo, t5: andino desamargado, t6: dulce blanco desamargado, t7: dulce ceja café desamargado, t8: dulce ceja amarilla desamargado)

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en el **contenido de fenoles totales**, siendo t1 (INIAP 450- andino amargo) con 6.57 mg Ac gálico /g, seguido del t4 (dulce ceja amarilla amargo) con 3,60 mg Ac gálico /g, evidenciando que el método de extracción influye en los valores favoreciendo su liberación o, por el contrario, provoca su degradación por efecto de temperatura, pH o lixiviación. Asimismo, se demuestra que el t1 conserva la mayor cantidad de compuestos fenólicos. Los fenoles son potentes antioxidantes naturales que contribuyen a la eliminación de radicales libres. Como lo menciona (**Sharma & Giri, 2022**) la soja es rica en compuestos fenólicos con 4,66 mg Ac gálico /g una cantidad inferior a los resultados obtenidos en este estudio.

*Tabla N° 50. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) – fenoles totales*

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29404

Error: 0.0108 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	6.58	3	0.06	A	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	3.60	3	0.06	B	
Dulce Blanco	Amargo	2.77	3	0.06	C	
Dulce Ceja Café	Amargo	2.42	3	0.06	D	
Dulce Blanco	Desamargado	1.52	3	0.06	E	
Andino	Desamargado	0.59	3	0.06	F	
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.40	3	0.06	F	G
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.16	3	0.06	G	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) evidencia significancia entre tratamientos de compuestos fenólicos totales, en t1 (INIAP 450-andino amargo) es el mejor tratamiento con 6,58 mg Ac gálico/g en el grupo estadístico A. Es notable que el método de extracción amargo prevalece con los valores más altos favoreciendo una mayor retención de fenoles. En contraste, bajo el método de extracción desamargado, los contenidos de fenoles fueron considerablemente menores en todas las variedades.

La **actividad antioxidante** medida por **ABTS** y **DPPH** muestra una tendencia coherente con el contenido fenólico. El tratamiento t1 (INIAP 450-andino amargo) presentó la mayor capacidad antioxidante (ABTS: 11.484 Eq Trolox/g y DPPH: 1.312) seguido de t4 (ABTS: 8.538; DPPH:1.503). Los mayores valores se asociaron al método de extracción amargo, el cual influye significativamente y favorece la conservación de compuestos fenólicos, mientras que el proceso de desamargado provoca una reducción de la actividad antioxidante debido a la posible pérdida de estos compuestos durante el remojo y lavado De acuerdo con (**Tungmunnithum et al., 2021**) menciona que por el método DPPH los extractos de varía

entre 27,0 a 84,1 EqTrolox/g y en ABTS varía entre 39,4 a 114,5 EqTrolox/g, esto significa que los datos obtenidos en esta investigación son muy inferiores a los valores comparados; sin embargo, los extractos evaluados demuestran capacidad antioxidante, confirmando su potencial funcional, aunque en menor cantidad.

Tabla N° 51. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - ABTS

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29829

Error: 0.0111 gl: 16

Variedad	Extracción	M Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	11.48	3	0.06	A
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	8.54	3	0.06	B
Dulce Blanco	Amargo	8.28	3	0.06	B
Dulce Ceja Café	Amargo	6.53	3	0.06	C
Dulce Blanco	Desamargado	2.38	3	0.06	D
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.69	3	0.06	E
Andino	Desamargado	0.31	3	0.06	F
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.22	3	0.06	F

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

Tabla N° 52. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - DPPH

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11238

Error: 0.0016 gl: 16

Variedad	Extracción	M Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	1.50	3	0.02	A
Dulce Ceja Café	Amargo	1.40	3	0.02	A B
Dulce Blanco	Desamargado	1.34	3	0.02	B C
Andino	Amargo	1.31	3	0.02	B C
Dulce Blanco	Amargo	1.26	3	0.02	C
Andino	Desamargado	0.67	3	0.02	D
Dulce Ceja Café	Desamargado	0.34	3	0.02	E
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	0.34	3	0.02	E

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey realizada de ambos métodos muestran diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) en la metodología de ABTS el mayor valor es t1 (INIAP 450-andino amargo) con 11.48 Eq Trolox/gr perteneciente al grupo A y el método de extracción amargo contiene valores más altos; Así mismo en la metodología de DPPH el mejor tratamiento es t4 (dulce ceja amarilla amargo) con 1,50 Eq Trolox/g dentro del grupo A, siendo de igual manera el método de extracción amargo con los valores más altos en capacidad antioxidante.

En la evaluación de la **actividad antiinflamatoria**, se determina el IC₅₀, el cual corresponde a la concentración necesaria para inhibir el 50% del 100% de la respuesta. De

manera complementaria, los resultados se compararon con el IC₅₀ del diclofenaco, cuyo valor fue 541.92, utilizado como control de referencia. Para la identificación del mejor tratamiento, se considera que aquellos tratamientos con valores de IC₅₀ inferiores al del diclofenaco presentan mayor actividad antiinflamatoria, ya que requieren menor concentración para alcanzar el mismo efecto inhibitorio. Bajo este criterio, el mejor tratamiento es el t1 (INIAP 450-andino amargo), con un valor de IC₅₀ de 337,29%, lo que indica una mayor capacidad inhibitoria en comparación con el diclofenaco. En segundo lugar, se ubica en el t8 (dulce ceja amarilla desamargado), con un IC₅₀ de 529,15%, valor que también resulta inferior al del fármaco de referencia. Estos resultados evidencian que ambos tratamientos presentan una actividad antiinflamatoria superior al diclofenaco, al requerir menores concentraciones para lograr el 50% de inhibición. Según (Chandra et al., 2012) la actividad antiinflamatoria del café es más activa que el diclofenaco sódico, siendo eficaz en concentraciones más bajas.

Tabla N° 53. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción)-Antiinflamatoria

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,21449
Error: 3,4027 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Andino	Amargo	337,29	3	1,07	A	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	529,15	3	1,07	B	
Andino	Desamargado	573,45	3	1,07	C	
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	584,95	3	1,07	D	
Dulce Ceja Café	Desamargado	645,66	3	1,07	E	
Dulce Blanco	Desamargado	891,33	3	1,07	F	
Dulce Blanco	Amargo	960,51	3	1,07	G	
Dulce Ceja Café	Amargo	997,63	3	1,07	H	

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

La prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) indica diferencias significativas que solo dos tratamientos presentan medias inferiores al valor de referencia del diclofenaco IC₅₀ 541,92; el t1 (INIAP 450-andino amargo) con una media de 337,29 %, perteneciente al grupo estadístico A, y t8 (dulce ceja amarilla desamargada) con 529,15, en el grupo b. Ambos valores son estadísticamente menores que el diclofenaco, lo que sugiere un efecto inferior al del fármaco de referencia; sin embargo, al no compartir la misma letra en la prueba de Tukey, estos dos tratamientos también difieren significativamente entre sí. El resto de los tratamientos muestran medias superiores al diclofenaco y, por lo tanto, no cumplen con el criterio de ser inferiores al valor de referencia.

Respecto a la **actividad antidiabética**, la mayor producción de glucosa se observa en los tratamientos t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 38,64 mmoles de glucosa/g, seguido de t7 (dulce ceja café desamargado) con 35,13 mmoles de glucosa/g. Estos valores comparables con lo reportado por (**Sarmento, 2012**) quien indica que en la lenteja se presenta un incremento de la producción de glucosa de aproximadamente 40% , acompañado de una reducción de amilasa del 37%. El comportamiento observado indica que el método de extracción desamargado ejerce una mayor influencia sobre la actividad antidiabética que la variedad de chocho. El proceso de desamargado favorece la eliminación de alcaloides y otros compuestos amargos que pueden interferir con la interacción de los compuestos bioactivos responsables de la inhibición enzimática. Como resultado, se incrementa la disponibilidad de compuestos fenólicos, péptidos y carbohidratos solubles, los cuales están asociados con una mayor producción de glucosa en los ensayos in vitro.

Tabla N° 54. Prueba de Tukey (variedad * método de extracción) - Antidiabética

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.32683

Error: 1.3850 gl: 16

Variedad	Extracción	M	Medias	n	E.E.	
Dulce Ceja Amarilla	Desamargado	35.18	3	0.68	A	
Dulce Ceja Café	Desamargado	31.77	3	0.68	B	
Dulce Blanco	Desamargado	31.76	3	0.68	B	
Andino	Desamargado	30.53	3	0.68	B	
Dulce Ceja Café	Amargo	29.34	3	0.68	B	C
Andino	Amargo	28.93	3	0.68	B	C
Dulce Ceja Amarilla	Amargo	28.84	3	0.68	B	C
Dulce Blanco	Amargo	26.16	3	0.68		C

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

Fuente: (Alomoto & Tayo, 2026)

En la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) muestra diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, agrupándolos en distintos grupos estadísticos identificados por letras. Los tratamientos que comparten al menos una letra no representan diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$), mientras que aquellos con letras distintas si difieren significativamente el mayor valor promedio se observa en el tratamiento t1 (dulce ceja amarilla desamargado) con el 35,18 mmoles/g, en el grupo estadístico A.

En resumen, los mejores tratamientos de cada característica química y propiedad funcional son celulosa t7(dulce ceja café desamargado) con 67,47%; hemicelulosa t5 (INIAP 450-andino desamargado) con 12,36%; lignina t5 (INIAP 450-andino desamargado) con 7,63%; pentosanas t2 (dulce blanco amargo) con 0,030%: pectinas t1 (INIAP 450-

andino amargo) con 0,040%; galactanas t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 0,052%; fibra cruda t1 (INIAP 450-andino amargo) con 51,10%; fibra dietética insoluble t7 (dulce ceja café desamargado) con 88,28%; fibra dietética soluble t6 (dulce blanco desamargado) con 4,19%; fibra dietética total t6 (dulce blanco desamargado) con 90,75%; calcio t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 1,32%; alcaloides t1 (INIAP 450-andino amargo) con 0,14%; capacidad de intercambio catiónico t6 (dulce blanco desamargado) con 1,16%; capacidad de absorción de moléculas orgánicas t1 (INIAP 450-andino amargo) con 1,46g aceite/g muestra; índice de absorción de agua t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 5,80; índice de solubilidad de agua t4 (dulce ceja amarilla amargo) con 3,83%; poder de hinchamiento t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 5,87; compuestos fenólicos totales t1 (INIAP 450-andino amargo) con 6,57 mg Ac gálico/g; capacidad antioxidante ABTS t1 (INIAP 450-andino amargo) con 11,48 Eq Trolox/g; DPPH t4 (dulce ceja amarilla amargo) con 1,50 Eq Trolox/g; actividad antiinflamatoria t1 (INIAP 450-andino amargo) con 337,29%; actividad antidiabética t8 (dulce ceja amarilla desamargado) con 38,64 mmoles de glucosa/g. Dando como mejor tratamiento integral t8 (dulce ceja amarilla desamargado), debido a que concentra los valores más favorables en componentes químicos de interés alimentarios y propiedades funcionales.

3. IMPACTOS DEL PROYECTO

3.1 Impactos técnicos

La investigación aporta información técnica validada sobre la caracterización química y propiedad funcional de la fibra de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), estableciéndola relación entre la variedad genética y el método de extracción con el comportamiento funcional del material fibroso. Los resultados permiten definir parámetros técnicos específicos para la obtención de fibra con propiedades tecnológicas adecuadas, tales como capacidad de absorción de agua, solubilidad, poder de hinchamiento y actividades antioxidantes, los cuales son fundamentales para su aplicación en la formulación de alimentos funcionales. Así mismo, el estudio contribuye a la estandarización de procedimientos de laboratorio y al desarrollo de criterios técnicos para el aprovechamiento agroindustrial de este recurso.

3.2. Impactos sociales

El estudio fortalece la revalorización del chocho como cultivo ancestral andino, promoviendo su uso no solo como alimento tradicional, si no como fuente de ingredientes

funcionales con beneficios potenciales para la salud. La generación de conocimiento sobre las propiedades de la fibra de chocho contribuye a la promoción de hábitos alimentarios más saludables y al desarrollo de productos con mayor contenido de fibra dietética, lo que puede incidir positivamente en la prevención de enfermedades crónicas asociadas a la alimentación. Además, el trabajo académico aporta a la formación profesional y al fortalecimiento de capacidades técnicas en el ámbito de la agroindustria.

3.3. Impactos ambientales

El aprovechamiento de la fibra de chocho contribuye a la sostenibilidad ambiental mediante el uso eficiente de recursos agrícolas y la valorización integral del grano minimizando la generación de residuos. Al tratarse de un cultivo adaptado a condiciones andinas y de bajo requerimiento de insumos químicos, su utilización favorece prácticas agrícolas más sostenibles. Además, la incorporación de fibras naturales de origen vegetal en la industria alimentaria promueve la sustitución de aditivos sintéticos, contribuyendo a la reducción del impacto ambiental y al desarrollo de procesos productivos más amigables con el entorno.

3.4. Impactos económicos

Desde el punto de vista económico, la investigación impulsa la diversificación del uso del chocho, incrementando su valor agregado y generando nuevas oportunidades para la cadena productiva. La identificación de métodos eficientes de extracción de fibra permite mejorar la rentabilidad del procesamiento del grano, favoreciendo a productores, procesadores y pequeñas agroindustrias. Asimismo, el aprovechamiento de la fibra como ingrediente funcional puede reducir la dependencia de insumos importados, estimulando el desarrollo de la industria alimentaria nacional y contribuyendo al fortalecimiento de la economía local.

4. RECURSOS Y PRESUPUESTOS

Tabla N° 55. Presupuesto del proyecto

Recursos	Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Total
Materia Prima (chocho)				
INIAP 450 Andino	2	lb	1,75	3,50
Dulce ceja café	2	lb	1,75	3,50
Dulce ceja amarilla	2	lb	1,75	3,50
Dulce blanco	2	lb	1,75	3,50

Total				14,00
Materiales				
	Cantidad	Unidad	V. Unitario (USD)	Total
Vasos de precipitación	30	U	4,50	135,00
Papel filtro	1	Pliego	5,00	5,00
Embudos	20	U	5,00	100,00
Balones	30	U	1,73	51,90
Matraces	20	U	4,50	90,00
Crisoles	20	U	5,50	110,00
Lana de vidrio	1	Rollo	45,00	45,00
Tubos de ensayo	10	U	2,10	21,00
Cajas Petri	15	U	2,20	33,00
Probetas	5	U	11,00	55,00
Gradillas	2	U	17,25	34,50
Pipetas	4	U	20,00	80,00
Tubos de centrifuga	12	U	2,50	30,00
Ollas	1	U	8,00	8,00
Bandeja	1	U	4,00	4,00
Total				802,40
Equipos				
			Costo aprox. (USD)	Depreciación anual (USD)
Desecador	1	U	380	38,00
Estufa	1	U	1000	100,00
Mufla	1	U	2500	250,00
pH-metro	1	U	180	18,00
Centrifuga	1	U	1500	150,00
Balanza analítica	1	U	240	24,00
Agitador	1	U	120	12,00
Baño maría	1	U	300	30,00
Vortex	1	U	73	7,30
Espectrofotómetro	1	U	900	90,00
Molino eléctrico	1	U	600	60,00
Termómetro	1	U	20	2,00
Total				781,30
Reactivos				
Análisis de celulosa, hemicelulosa a y b				
Alcohol al 80%	1	L	3,40	3,40
NaOH al 0,4%	500	ml	0,01	5,00
Ácido acético al 50%	500	ml	0,009	4,50
Total				12,90
FDA				

Bromuro de amonio	500	ml	0,09	45,00
Acetona	1	L	5	5,00
Ácido sulfúrico 95-97%	500	ml	0,06	30,00
Alcohol isoamílico	250	ml	0,13	32,50
Hexano	500	ml	0,032	16,00
Total				128,50
FDN				
Sulfato lauril sódico	500	ml	0,041	20,53
Tetraborato de sodio anhidro	200	ml	0,2	40,00
Sulfito de sodio anhidro	500	g	0,14	70,00
Alcohol isoamílico	250	ml	0,16	32,50
Hexano	1	L	32	32,00
Total				195,03
Pentosanas, pectinas, galactanas				
Alcohol al 80%	1	L	3,40	3,40
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Etanol	500	ml	0,007	3,50
Metanol	500	ml	0,024	12,00
NaOH al 0,1N	500	ml	0,021	10,80
Total				38,95
Fibra cruda				
Hexano	300	ml	0,066	20,00
Ácido sulfúrico al 0,7 por mil	500	ml	0,04	20,00
NaOH al 22%	500	ml	0,02	10,00
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Total				59,25
Fibra dietética soluble e insoluble				
Etanol al 95%	1	L	3	3,00
Etanol al 78%	1	L	5	5,00
Acetona	1	L	5	5,00
MES/TRIS				
Proteasa				
α -amilasa				
Amyglucosidae	1	Kid	100	100,00
Agua destilada	1	L	9,25	9,25
Total				122,25
Capacidad de absorción de moléculas orgánicas				
Aceite de oliva	125	ml	0,028	3,50
Total				3,50
Calcio				
Cloruro de lantano	25	g	1,2	30,00

Solución de 1000 ppm de Ca	50	ml	0,35	17,50
Solución de 1000 ppm de Mg	15	ml	0,33	5,00
Total				26,50
Alcaloides				
Ácido sulfúrico al 0.01N	500	ml	0,06	30,00
Cloroformo	250	ml	0,072	18,11
Acido básico	20	g	0,5	10,00
NaOH al 0.01N	100	ml	0,2	20,00
KOH	100	ml	0,2	20,00
Total				71,11
Índice de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento				
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Total				9,25
Compuestos fenólicos totales				
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Metanol al 80%	500	ml	0,026	13,00
Folin Cicalteau al 2N	50	ml	0,4	20,00
Carbonato de sodio saturado	200	g	0,1	20,00
Total				62,25
Capacidad antioxidante ABTS				
Metanol al 80%	500	ml	0,026	13,00
ABTS diluida	30	ml	0,66	20,00
Total				33,00
Capacidad antioxidante DPPH				
Metanol	500	ml	0,024	12,00
Etanol	500	ml	0,007	3,50
DPPH	500	ml	0,08	40,00
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Total				64,75
Actividad antiinflamatoria				
Diclofenaco	1	Caja	2	2,00
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Solución salina con fosfato	500	ml	0,04	20,00
Total				31,25
Actividad antidiabética				
NaOH al 0,1 N	500	ml	0,021	10,80
Almidón al 4%	400	g	0,05	2,00
Agua destilada	500	ml	0,018	9,25
Acetona	500	ml	0,0096	4,80
Total				26,85
Capacidad de intercambio catiónico				

Acetato de amonio	1	L	40	40,00
Etanol	500	ml	0,007	3,50
Cloruro de sodio al 10%	500	ml	0,014	7,25
Ácido bórico al 2%	400	ml	0,025	10,00
Indicadores	200	ml	0,3	60,00
Total				120,75
Movilización y transporte				
Transporte	40	Viaje	9	360,00
Alimentación	15	Alimento	7,5	112,5
Total				472,5
Materias bibliográficos y fotocopias				
Esferos	3	U	0,4	1,20
Libreta	1	U	1	1,00
Marcadores	1	U	1	1,00
Impresiones	150	U	0,5	75,00
Anillados	6	U	1,5	9,00
CD	1	U	1,5	1,50
Total				88,70
Total, de costo del proyecto				3164,99

Elaborado por: (Alomoto & Tayo, 2026) * Depreciación calculada con el método línea recta con la siguiente fórmula $D = VA / VU$ (D: Depreciación periódica, VA: Valor de adquisición de activo, VU: Vida útil.)

5. CONCLUSIONES

- La extracción de la fibra de las cuatro variedades de chocho mediante técnicas estandarizadas se determinó que ambos métodos permitieron tener muestras representativas para el análisis químico; sin embargo, el método de extracción vía húmeda (desamargado) fue el más conveniente. Este método presenta mejores resultados globales, destacándose por mayores valores de galactanas (0,052%), calcio (1,32%), fibra dietética total (90,75%), índice de absorción de agua (5,80) y poder de hinchamiento (5,87), además de un mejor contenido de alcaloides (0,14%), lo que evidencia una mayor calidad química y funcional de la fibra obtenida
- El análisis de la composición química de las fibras de chocho evidenció que el perfil químico está determinado tanto por el método de extracción como por la variedad. La variedad dulce ceja amarilla destacó por su alto contenido de celulosa (67,47%) y fibra dietética insoluble (88,28%); INIAP 450-andino presentó los mayores valores de hemicelulosa (12,36%) y lignina (7,63%); mientras que dulce ceja amarilla mostró el

mejor aporte mineral, con galactanas (0,052%) y calcio (1,32%). En conjunto las variedades desamargadas exhibieron menor contenido de alcaloides (0,14%) y un perfil químico más favorable, confirmando su mayor potencial para aplicaciones alimenticias.

- La evaluación de las propiedades funcionales de las fibras de chocho mostró diferencias significativas entre variedades y métodos de extracción. La variedad dulce ceja amarilla desamargado presentó los mayores valores de capacidad de intercambio catiónico, índice de absorción de agua (5,80), poder de hinchamiento (5,87) y actividad antidiabética (38,64 mmoles de glucosa/g), evidenciando un mejor desempeño tecnológico. En conjunto, el método de extracción desamargado generó fibras con mayor funcionalidad, confirmando su potencial para aplicaciones industriales alimentarias.

6. RECOMENDACIONES

- Se destaca la importancia de optimizar y estandarizar el método de extracción de la fibra, especialmente el proceso de extracción seca, debido a su mayor rendimiento y menor pérdida de componentes estructurales. Asimismo, se sugiere evaluar el efecto de variables operativas como tamaño de partícula, tiempo de molienda y condiciones de secado, con el fin de mejorar la eficiencia del proceso y facilitar su aplicación a escala piloto.
- Se considera oportuno ampliar la caracterización química de la fibra incorporando el análisis de otros componentes de interés nutricional y funcional, como almidón resistente, polisacáridos específicos y perfil de compuestos fenólicos. Además, se sugiere evaluar la estabilidad de la composición química durante el almacenamiento y procesamiento, así como realizar comparaciones con fibras comerciales, para fortalecer la validación de los resultados obtenidos.
- Se sugiere complementar los ensayos *in vitro* con estudios *in vivo* que permitan confirmar los efectos funcionales observados, particularmente en relación con la actividad antioxidante, antiinflamatoria y antidiabética. También, se sugiere aplicar la fibra de chocho en la formulación de productos alimentarios funcionales y evaluar su comportamiento tecnológico y aceptación sensorial, con el fin de determinar su viabilidad para su uso comercial.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alanís-García, E., González-Rubio, P. Y., Delgado-Olivares, L., & Cruz-Cansino, N. del S. (2021). Fibra dietética: Historia, definición y efectos en la salud. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(18), 187-195. <https://doi.org/10.29057/icsa.v9i18.6604>
- Alta, R., Aiquipa, L., & Gonzales, G. (2021, agosto 16). *CONSTRUCCIÓN DE UN AGITADOR VORTEX-MAGNÉTICO E IMPLEMENTACIÓN DE CABEZALES PARA APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS*.
- Anderson, R. A., Conway, H. F., & Peplinski, A. J. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke*, 22(4), 130-135. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- Arias, F., Zavala, J. A., & Ciancia, M. (2025). Pectins and hemicelluloses from cell walls of hulls from developing soybean seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 305, 140882. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140882>
- Asangalieva, Z. (2015). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. *Kazakhstan Wheat as Raw Material for Deep Processing*.
- Barber, T. M., Kabisch, S., Pfeiffer, A. F. H., & Weickert, M. O. (2020). The Health Benefits of Dietary Fibre. *Nutrients*, 12(10), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
- Bedoya, R. A., Maldonado, M. E., Bedoya, R. A., & Maldonado, M. E. (2022). Características nutricionales y antioxidantes de la especie de frijol petaco (*Phaseolus coccineus*). *Revista chilena de nutrición*, 49(1), 34-42. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000100034>
- Bickmore, B. R., & Wander, M. C. F. (2018). Aqueous Solutions. En *Encyclopedia of Geochemistry* (pp. 39-42). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39312-4_3

- Bonet Collazo, O., Mazot Rangel, A., Casanova González, M., Cruz Pérez, N. R., Bonet Collazo, O., Mazot Rangel, A., Casanova González, M., & Cruz Pérez, N. R. (2023). Proyecto de investigación y tesis. Guía para su elaboración. *MediSur*, 21(1), 274-288.
- Bonilla-Carvajal, K., Ángel-Martín, A., Moreno-Castellanos, N., Bonilla-Carvajal, K., Ángel-Martín, A., & Moreno-Castellanos, N. (2022). Hipertrofia y resistencia a la insulina en un modelo in vitro de obesidad y DMT2 inducida por alta glucosa e insulina. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 54. <https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e:22012>
- Bórtoli, P. (2022). Las prácticas de escritura en la formación profesional en Trabajo Social: Cuaderno de Campo, Registro e Informe Social. *RiHumSo*, (22), 45-63. <https://doi.org/10.54789/rihumso.22.11.22.3>
- Brito, J. (2025). *El Papel de las Muflas en Análisis Químicos: Un Vistazo a Sus Aplicaciones y Cuidados*. <https://www.briteg.com/articulos-del-blog/muflas-laboratorio-aplicaciones-cuidados-analisis-quimicos>
- Caicedo, C., Murillo, Á., Pinzon, J., Peralta, E., & Rivera, M. (2015). *INIAP 450 ANDINO VARIEDAD DE CHOCHO*.
- Campo, R., Alarcón, T., D'Auria, G., Delgado, S., & Ferrer, M. (2018). Microbiota en la salud humana: Técnicas de caracterización y transferencia. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 36(4), 241-245. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2017.02.007>
- Carlos, R., & Condón, F. (2018). *BANCO DE GERMOPLASMA INIA: conservando la diversidad de nuestras plantas*.
- CARPIO, W. (2023). *Determinación químico-bromatológica de semillas secas de Lupinus mutabilis (tarwi) que crece en la provincia de aymaraes-apurimac*. Universidad San Luis Gorzaga.

- Castañeda, B., Manrique, R., Gamarra, F., Muñoz Jáuregui, A. M., Ramos Escudero, F., Lizaraso Caparó, F., & Martínez H, J. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi). *Acta Médica Peruana*, 25(4), 210-215.
- Cerón-Fernandez, C. L., Guerra-Morcillo, L. V., Legarda-Quintero, J. A., Enríquez-Collazos, M. G., & Pismag-Portilla, Y. (2016). EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92-99. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., & Bhattacharya, S. (2012). Evaluation of *in vitro* anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1, Supplement), S178-S180. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60154-3](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60154-3)
- Chawla, R., & Patil, G. r. (2010). Soluble Dietary Fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(2), 178-196. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00099.x>
- Colasurdo, D. D., Pila, M. N., Ruiz, D. L., & Allegretti, P. E. (2022). *Heterociclos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/141110>
- Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., & Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Cunza, S. S., Pillihuaman, E. A., & Roca, E. G. R. (2020). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES Y FLAVONOIDES DE *Coffea arabica* de CINCO REGIONES PERUANAS. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(4), 343-354. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i4.307>

- Dalton, D. R., Mascavage, L. M., & Wilson, M. (2003). Alkaloids. En *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/0471238961.0112110104011220.a01.pub2>
- Díaz, C. M., & Álvarez, J. L. (2009). Aspectos fisiológicos del catión cinc y sus implicaciones cardiovasculares. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 28(2), 0-0.
- Elejalde Guerra, J. I. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna*, 18(6), 50-59.
- Fajardo, S., & Criollo, P. (2010). *VALOR NUTRITIVO Y FUNCIONAL DE LA HARINA DE AMARANTO (Amaranthus hybridus) EN LA PREPARACIÓN DE GALLETAS*. Universidad de Cuenca.
- Flores Berenguer, I., Echemendía Nápoles, O., Jacobo Rodríguez, O., González Haramboure, Y., García Tristán, J., Flores Berenguer, I., Echemendía Nápoles, O., Jacobo Rodríguez, O., González Haramboure, Y., & García Tristán, J. (2023). Efecto de la porosidad y la permeabilidad en la estabilidad de taludes bajo el efecto de la lluvia. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44(3), 30-42.
- Francis, G., & Norori, J. (2015). *Sistema centrifugado del combustible para planta generadora de energía eléctrica*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Fritz, E. (2007). Measurement of cation exchange capacity (CEC) of plant cell walls by X-ray microanalysis (EDX) in the transmission electron microscope. *Microscopy and Microanalysis: The Official Journal of Microscopy Society of America, Microbeam Analysis Society, Microscopical Society of Canada*, 13(4), 233-244.
<https://doi.org/10.1017/S1431927607070420>
- Galán, C. E. (2018). *DISEÑO DE PROTOTIPO DE VISCOSIMETRO Y VALIDACION DE USO EN FLUIDOS DE ALTA, MEDIA Y BAJA VISCOSIDAD*.

- Giménez, M. (2025, julio 21). *Baño María para laboratorio: Precisión, seguridad y eficiencia - Ilíon Analítica*. <https://ilion.com.uy/notas-de-aplicacion/bano-maria-para-laboratorio-precision-seguridad-y-eficiencia/>
- Girón, G., & Estrada, G. (2013). *CALIFICACIÓN DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LAS BALANZAS ANALÍTICAS DEL LABORATORIO DE PRODUCTOS NATURALES – LIPRONAT*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gonzalez, V. R., Numpaque, M. M., & Dias, N. da S. (2022). Pectinas: Extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5294-5309. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498
- González Velandia, K. D., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. A., & Chadae Martínez, G. (2016). EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A EMPLEARSE EN LA ELABORACIÓN DE PAPEL. *Luna Azul*, (43), 499-517. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
- Granados, O. M., López, N. A., & Rodríguez, J. G. A. (2025). Las macromoléculas esenciales para la vida. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 13(26), 28-30. <https://doi.org/10.29057/prepa4.v13i26.14748>
- Grela, E. R., Samolińska, W., Kiczorowska, B., Klebaniuk, R., & Kiczorowski, P. (2017). Content of Minerals and Fatty Acids and Their Correlation with Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of Leguminous Seeds. *Biological Trace Element Research*, 180(2), 338-348. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-1005-3>
- Gross, R. (1982). *El cultivo y la utilización del tarwi lupinus mutabilis Sweet*. FAO.
- Guarnizo, A., Martínez, P., & Hoover, A. (2009). *PRETRATAMIENTOS DE LA CELULOSA Y BIOMASA PARA LA SACARIFICACIÓN*.

- Guerrero, Yj. (2022). *ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE ALPISTE (Phalaris canariensis L) PARA USO COMO EMPAQUES FARMACÉUTICOS*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Hernández. (s. f.). *Fibra dietética insoluble (capítulo 3)*. Universidad de las Américas Puebla.
- Hernández-Moreno, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., Hernández-Rodríguez, P., Hernández-Moreno, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., & Hernández-Rodríguez, P. (2022). Actividad antioxidante y cuantificación de fenoles y flavonoides de plantas colombianas empleadas en infecciones urinarias. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1690>
- Herrera, L. M. S., Hermosillo, Y. A. P., Martínez, T. S., Morales, R. B., Ruíz, E. I. J., & Banda, Á. V. L. (2015). *Fotografía: Arte como elemento científico*. (20).
- Hettiarachchi, H. A. C. O., & Gunathilake, K. D. P. P. (2023). Physicochemical and functional properties of seed flours obtained from germinated and non-germinated *Canavalia gladiata* and *Mucuna pruriens*. *Heliyon*, 9(9), e19653. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19653>
- Iidenut, R., & Lopez, T. H. (2011). *Procesamiento de nutrientes en el aparato digestivo*. <https://www.revistarenut.org/index.php/revista/article/view/166>
- Ionut-FLAVIUS, A., & BUTNARIU, M. (2022). *General information about cellulose*. 2, 1-5. <https://doi.org/10.31579/2766-2314/077>
- Jain, A., Jangid, T., Jangir, R. N., & Bhardwaj, G. S. (2025). Antidiabetic activity of polyherbal formulations: A comprehensive review. *Protoplasma*, 262(5), 1031-1052. <https://doi.org/10.1007/s00709-025-02057-x>
- James, S., Nwabueze, T. U., Onwuka, G. I., Ndife, J., & Usman, M. A. (2020). Chemical and nutritional composition of some selected lesser known legumes indigenous to Nigeria. *Heliyon*, 6(11), e05497. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05497>

- Kamel, K. A., Świącicki, W., Kaczmarek, Z., & Barzyk, P. (2016). Quantitative and qualitative content of alkaloids in seeds of a narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.) collection. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(4), 711-719. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0278-7>
- Korczak, R., & Slavin, J. L. (2020). Definitions, regulations, and new frontiers for dietary fiber and whole grains. *Nutrition Reviews*, 78(Supplement_1), 6-12. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz061>
- Kumar, V., & Abbas, A. (2021). *Metabolito: Definición, fisiología y más*. <https://www.palig.com/es/us/wellness-hub/p/metabolito>
- Lee, K. J., Kim, G.-H., Lee, G.-A., Lee, J.-R., Cho, G.-T., Ma, K.-H., & Lee, S. (2021). Antioxidant Activities and Total Phenolic Contents of Three Legumes. *Korean Journal of Plant Resources*, 34(6), 527-535. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2021.34.6.527>
- Loja, N., & Orellana, S. (s. f.). *PROPUESTA GASTRONOMICA DE APLICACIÓN INNOVADORA DEL CHOCHO*.
- López Guerrero, V., Rodríguez, M., Murillo, Á., Vega, L., & Rodríguez, D. (2023). *Guía para Facilitar el Aprendizaje en el Manejo Integrado del Cultivo de Chocho*. Quito, EC: INIAP-EESC, 2023. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6152>
- Lopez, V. (2023). *Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. 112.
- Luque, Á., & Seghiri, M. (2019). Extracción Terminológica Basada en Corpus Para la Traducción de Fichas Técnicas de Impresoras 3D. *Proceedings of the Third International Conference, Europhras 2019, Computational and Corpus-Based Phraseology*, 99-105. https://doi.org/10.26615/978-2-9701095-6-3_013
- Maceda, A., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., Terrazas, T., Maceda, A., Soto-Hernández, M., Peña-Valdivia, C. B., Trejo, C., & Terrazas, T. (2021). Lignina:

- Composición, síntesis y evolución. *Madera y bosques*, 27(2).
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722137>
- Marripati, D. (2023). Plant Alkaloids: An Overview. *Journal of Plant Biochemistry & Physiology*, 11(1), 1-1. <https://doi.org/10.35248/2329-9029.23.11.262>
- Martinez, A. (2025). *Galactosa*. <https://sebbm.es/moleculas-de-la-vida/galactosa/>
- Martínez de Victoria, E. (2016). El calcio, esencial para la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 33, 26-31. <https://doi.org/10.20960/nh.341>
- Meléndez González, P. A. (2009). Sinopsis del género machaerium pers. (Leguminosae-papilionoideae-dalbergieae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 32(2), 363-416.
- Mendoza-Vargas, L., Jiménez-Forero, J., & Ramírez-Niño, M. (2017). EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA ENZIMÁTICAMENTE A PARTIR DE LAS CÁSCARAS DEL FRUTO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 131-138.
- Mera, A. (2010). *DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE UN SNACK LAMINADO A PARTIR DE QUINUA*.
- Meza, R. E. (2020). La glucosa en el cuerpo humano. *REVISTA INSTITUCIONAL TIEMPOS NUEVOS*, 25(27), 43-53. <https://doi.org/10.15658/rev.inst.tiempnuevos20.12252705>
- Mohammed, A. S. A., Naveed, M., & Jost, N. (2021). Polysaccharides; Classification, Chemical Properties, and Future Perspective Applications in Fields of Pharmacology and Biological Medicine (A Review of Current Applications and Upcoming Potentialities). *Journal of Polymers and the Environment*, 29(8), 2359-2371.
<https://doi.org/10.1007/s10924-021-02052-2>
- Nass De Ledo, I. (2023). El Artículo Científico. *Revista Venezolana de Oncología*, 35(3), 157.

- Nibedita Das, & Minaxi. (2023). *Mucílago: Una visión general* | *Temas de ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/mucilage>
- Peruzzotti, F. (2024, septiembre 5). *Cómo elegir una estufa de laboratorio—Guía*. Jointlab srl.
<https://jointlab.com/es/blog/profundizacion/como-elegir-una-estufa-de-laboratorio>
- Ramírez, X. C. J. (2017). *Efecto del proceso de desamargado y fermentado en el contenido de fibra dietética y almidón en tres variedades de chocho (Andino INIAP 450, Criollo y Guaranguito INIAP 451)*.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rienzo, A., & Balzarini, M. (2010). *InfoStat Software Estadístico*.
- Rivera-Jiménez, J., Berraquero-García, C., Pérez-Gálvez, R., J. García-Moreno, P., Javier Espejo-Carpio, F., Guadix, A., & M. Guadix, E. (2022). Peptides and protein hydrolysates exhibiting anti-inflammatory activity: Sources, structural features and modulation mechanisms. *Food & Function*, 13(24), 12510-12540. <https://doi.org/10.1039/D2FO02223K>
- Rodas, S. (2021). *Caracterización de la harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) para aplicaciones agroindustriales y medicinales* | *AlfaPublicaciones*.
<https://www.alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/55>
- Rodríguez, E. (2012). *INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINOA Y PAPA EN LAS PROPIEDADES TERMOMECÁNICAS Y DE PANIFICACIÓN DE MASAS*.

https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/817/920?utm_source=chatgpt.com

Romero, M. (2015). *Tratamientos utilizados en potabilización de agua*. Universidad Rafael Landívar.

Rosero, R. A. V. (2024). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, VALOR NUTRICIONAL Y CONTROL DE CALIDAD DE UNA MEZCLA PRECOCIDA A BASE DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*) Y MAÍZ (*Zea mays*)*.

Salanenka, Y. A., & Taylor, A. G. (2011). *Seedcoat Permeability: Uptake and Post-germination Transport of Applied Model Tracer Compounds*.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.622>

Sarmento, T. R. (2012). *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas* [Universidad de Madrid].
<https://repositorio.uam.es/entities/publication/662a7952-ed01-4d9d-9b51-8c22b2493a4a>

Sharma, K. R., & Giri, G. (2022). Quantification of Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Activity, and Proximate Composition of Some Legume Seeds Grown in Nepal. *International Journal of Food Science*, 2022, 4629290.
<https://doi.org/10.1155/2022/4629290>

Sigcha, F., Castillo, C., Panchi, N., Andrade, J., & Cuesta, X. (2025). *XXX CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE LA PAPA* (digital, Vol. 2).

Snauwaert, E., Paglialonga, F., Vande Walle, J., Wan, M., Desloovere, A., Polderman, N., Renken-Terhaerd, J., Shaw, V., & Shroff, R. (2023). The benefits of dietary fiber: The gastrointestinal tract and beyond. *Pediatric Nephrology*, 38(9), 2929-2938.
<https://doi.org/10.1007/s00467-022-05837-2>

- SUNYuan-lin, SHANFang, ZHAOLi-ping. (2012). Research Progress in Pentosans as A Kind of Cereal Dietary Fiber and Their Gut Microflora Modulatory Effect. *FOOD SCIENCE*, 33(9), 326. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201209066>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis, Biodiversity and nutrition: a common path*, 19(6), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Toyo-Diaz, M. J., Toyo-Fernández, B. M., Moreno-Quintero, M. E., Toyo-Diaz, M. J., Toyo-Fernández, B. M., & Moreno-Quintero, M. E. (2023). Extracción de pectina a partir de cáscara de cambur para la producción de una mermelada. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 5(9), 21-42. <https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2572>
- Tungmunnithum, D., Drouet, S., Lorenzo, J. M., & Hano, C. (2021). Characterization of Bioactive Phenolics and Antioxidant Capacity of Edible Bean Extracts of 50 Fabaceae Populations Grown in Thailand. *Foods*, 10(12), 3118. <https://doi.org/10.3390/foods10123118>
- Vallejo, M., Cordeiro, R., Dias, P. A. N., Moura, C., Henriques, M., Seabra, I. J., Malça, C. M., & Morouço, P. (2021). Recovery and evaluation of cellulose from agroindustrial residues of corn, grape, pomegranate, strawberry-tree fruit and fava. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00377-3>
- Vilcanqui-Pérez, F., & Vílchez-Perales, C. (2017). Fibra dietaria: Nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 146-156.

- Villacrés, E., Cuadrado, L., & Falconí, F. (2013). *Los granos andinos: Chocho (Lupinus mutabilis Sweet), Quinoa (Chenopodium quinoa Willd), Amaranto (Amaranthus caudatus L.) y Sangorache (Amaranthus hybridus L.), fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética.*
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). *USOS ALTERNATIVOS DEL CHOCHO.*
- Villafan, A. C. A., Rico, Z. V. B., Florencio, B. C. C., Delgado, J. J. H., Hernández, H. S. M., Velázquez, P. J. R., & Cano, P. A. (2024). Revalorización de lignina (Fase III). Síntesis de material adsorbente derivado de Lignina-tetrazol. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28, 1-11. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4575>
- Villareal. (2020). *Qué Es Una Ficha de Registro | PDF | Biblioteca y museo | Science.* <https://es.scribd.com/doc/177816978/Que-es-una-ficha-de-registro>
- Waterhouse, A. L. (2002). Determination of Total Phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6(1), 11.1.1-11.1.8. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- Wefers, D., Tyl, C. E., & Bunzel, M. (2014). Novel arabinan and galactan oligosaccharides from dicotyledonous plants. *Frontiers in Chemistry*, 2, 100. <https://doi.org/10.3389/fchem.2014.00100>
- Zhuang, Y., Wang, Y., & Yang, H. (2024). Effects of cation valence on swelling power, solubility, pasting, gel strength characteristics of potato starch. *Food Chemistry*, 434, 137510. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137510>

