

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE
TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TEMA:

ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y FUNCIONAL DE AISLADO
PROTÉICO DE LUPINO (LUPINUS MUTABILIS).

AUTORES:

Cañarte Toala Jair Aaron

Farías García Dayana Marisol

TUTOR:

Ing. Stalin Santacruz Terán, PhD

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2025(1)

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Nosotros, Cañarte Toala Jair Aarón con CI. 1317642709 y Farías García Dayana Marisol con CI. 1317243614, declaramos que el presente trabajo de titulación denominado “**Análisis físico, químico y funcional de aislado proteico de lupino (*Lupinus Mutabilis*)**”, es de nuestra autoría.

Asimismo, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para que realice la digitalización y publicación de este proyecto en el repositorio digital de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

La responsabilidad del contenido presente en este estudio corresponde exclusivamente a nuestra autoría y el patrimonio intelectual de la investigación pertenecerá a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Lo certificamos.

Manta, 16 de septiembre de 2025.

Jair/Cañarte/Toala/

Cañarte Toala Jair Aarón

Farías Dayana

Farías García Dayana Marisol

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad ciencias agropecuarias de Manta de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante Cañarte Toala Jair Aaron, legalmente matriculado en la carrera de Agroindustrias, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto fue “Análisis físico, químico y funcional de aislado proteico de lupino”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 28 de julio de 2025.

Lo certifico,



**Stalin Gustavo
Santacruz Teran**


Ing. Stalin Santacruz Ph. D.
Docente Tutor
Área: Agroindustrias

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante Dayana Marisol Farías García, legalmente matriculado/a en la carrera de Agroindustria, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es “Análisis físico, química y funcional de aislado proteico de lupino”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 28 de julio de 2025.

Lo certifico,



Ing. Stalin Santacruz, Ph.D.
Docente Tutor(a)
Área: Agroindustria

Agradecimientos

Con el corazón lleno de gratitud, queremos expresar nuestro afecto a todos quienes nos apoyaron y acompañaron durante nuestra trayectoria universitaria. A Dios, por la fe inquebrantable, a nuestra familia por su amor y apoyo incondicional, a nuestros amigos y docentes, gracias por su confianza, orientación y motivación. Esto no habría sido posible sin ustedes.

Dedicatoria

Este logro está dedicado a nuestros padres, quienes, con su apoyo incondicional, paciencia y confianza nos dieron la fortaleza para culminar esta etapa. A nuestros amigos, por acompañarnos en los momentos de esfuerzo y brindarnos ánimo constante.

Finalmente, a nosotros, por nuestra perseverancia y dedicación. ¡Lo logramos!

RESUMEN

En un contexto donde la demanda de proteínas vegetales sostenibles y funcionales va en aumento, el lupino andino (*Lupinus mutabilis*) se presenta como una fuente promisoría debido a su alto contenido proteico y a su adaptabilidad a condiciones agroecológicas locales. El presente estudio tuvo como objetivo la caracterización física, química y funcional de un aislado proteico obtenido a partir de lupino andino (*Lupinus mutabilis*), una leguminosa nativa de los Andes centrales con alto valor nutricional. El aislado se obtuvo mediante un proceso de extracción alcalina y precipitación isoelectrónica, seguido de lavado y secado controlado. Se evaluaron las propiedades funcionales del aislado, incluyendo capacidad de absorción de agua ($1,45 \pm 0,035$ g/g), absorción de aceite ($2,77 \pm 0,20$ mL/g), formación de espuma ($2,75 \pm 0,35$ %), capacidad emulsionante ($3,33 \pm 0,42$ %) y estabilidad emulsionante ($1,37 \pm 0,08$ %). La estabilidad espumante fue nula, lo cual sugiere una baja resistencia estructural de la espuma formada. En el análisis químico, se reportó un contenido de proteína del $45,90 \pm 0,12$ %, grasas del $12,32 \pm 0,02$ %, carbohidratos del $26,40 \pm 0,10$ %, y un contenido de cenizas de $15,38 \pm 0,07$ %. Los resultados muestran que el aislado proteico de lupino presenta un elevado contenido de proteína, así como propiedades funcionales relevantes, especialmente en términos de absorción de aceite y formación de espuma, lo que lo convierte en una alternativa prometedora para el desarrollo de alimentos funcionales y suplementos nutricionales vegetales en Ecuador. Sin embargo, se recomienda optimizar el proceso de lavado para reducir la presencia de cenizas.

Palabras clave: lupino andino, propiedades funcionales, aislado proteico vegetal

ABSTRACT

In a context where the demand for sustainable and functional plant proteins is increasing, Andean lupine (*Lupinus mutabilis*) is a promising source due to its high protein content and its adaptability to local agroecological conditions. The present study aimed at the physical, chemical and functional characterization of a protein isolate obtained from Andean lupine (*Lupinus mutabilis*), a legume native to the central Andes with high nutritional value. The isolate was obtained by an alkaline extraction and isoelectric precipitation process, followed by washing and controlled drying. The functional properties of the isolate were evaluated, including water absorption capacity ($1,45 \pm 0,035$ g/g), oil absorption ($2,77 \pm 0,20$ mL/g), foam formation ($2,75 \pm 0,35$ %), emulsifying

capacity ($3,33 \pm 0,42$ %) and emulsifying stability ($1,37 \pm 0,08$ %). Foaming stability was null, suggesting a low structural resistance of the foam formed. In the chemical analysis, a protein content of $45,90 \pm 0,12$ %, fats of $12,32 \pm 0,02$ %, carbohydrates of $26,40 \pm 0,10$ %, and an ash content of $15,38 \pm 0,07$ % were reported. The results show that lupin protein isolate has a high protein content as well as relevant functional properties, especially in terms of oil absorption and foam formation, which makes it a promising alternative for the development of functional foods and plant-based nutritional supplements in Ecuador. However, it is recommended to optimize the washing process to reduce the presence of ashes.

Key words: *Andean lupin, functional properties, vegetable protein isolate.*

INTRODUCCIÓN

El lupino andino (*Lupinus mutabilis*) conocido también como tarwi o chocho, es una especie de leguminosa nativa de los Andes Centrales. Su domesticación se remonta a los principios de la cultura Nazca y desde ese entonces hasta la actualidad el cultivo está ampliamente difundido en las laderas montañosas y en los altos valles de Ecuador, Perú y Bolivia. La importancia del lupino para las comunidades andinas prehispánicas quedó documentada en pinturas de cerámicas y en tributos encontrados en tumbas de 100-150 años AC (Planchuelo, 2021).

Las proteínas vegetales juegan un rol importante en la nutrición humana, particularmente en los países en desarrollo donde la ingesta promedio de proteínas es menor a la requerida (de 0,3 a 0,6 g de proteína por kg de peso) (Poore & Nemecek, 2018) a causa de una inadecuada provisión de proteínas alimenticias, se investiga constantemente fuentes no convencionales de proteínas para su uso como ingredientes alimenticios tecnológicos y suplementos nutricionales.

En la industria alimenticia para deportistas, la proteína aislada de soya ha ganado notoriedad. Después que un deportista haya completado un entrenamiento (cardiovascular o fuerza), se crean micro-traumas en el músculo esquelético y el catabolismo de aminoácidos se intensifica (Shimomura et al., 2006). En Ecuador, los suplementos nutricionales para deportistas son de baja producción y la mayoría son importados. Además, estas opciones son limitadas a suplementos de origen animal (derivados lácteos

y huevo) y las opciones vegetales se limitan a la soya. El lupino no ha sido sujeto a modificación genética como la soya; hoy en día, por razones de salud y ambientales, los consumidores prefieren evitar alimentos modificados genéticamente (FAO, 2003). Esto otorga al lupino potencial dentro de la industria de salud y alimenticia (Guerra, 2017).

La producción de proteínas animales tiene un impacto ambiental significativamente mayor que la de proteínas vegetales en términos de huella hídrica, deforestación y emisión de gases de efecto invernadero.

En cuanto a la huella hídrica, producir un kilogramo de carne de res requiere aproximadamente 15000 litros de agua, mientras que producir un kilogramo de lentejas requiere solo 1250 litros y el tofu alrededor de 2000 litros.

Respecto a la deforestación, una gran parte de los bosques tropicales, especialmente en la Amazonía, se destruyen para habilitar tierras destinadas al pastoreo o al cultivo de soya y maíz que se utilizan como alimento animal. Se estima que hasta el 80% de la deforestación en la Amazonía está relacionada con la ganadería, ya sea directamente por pastoreo o indirectamente para producción de pienso. Esta pérdida de masa forestal no solo reduce la biodiversidad, sino que también limita la capacidad del planeta para absorber dióxido de carbono, agravando el cambio climático.

En términos de emisiones de gases de efecto invernadero, la ganadería es responsable de aproximadamente 14,5% de las emisiones globales, una cifra comparable o superior a todo el sector del transporte mundial. La producción de carne de res, en particular, emite alrededor de 60 kilogramos de CO₂ equivalente por cada kilogramo de carne producida. En comparación, las proteínas vegetales como las legumbres emiten menos de 1 kilogramo de CO₂ equivalente por cada kilogramo de producto, y el tofu alrededor de 3 kilogramos, mostrando una diferencia de hasta 20 veces menos emisiones (Poore & Nemecek, 2018).

A pesar de que estas carnes constituyen una valiosa fuente de nutrientes en la dieta, proporcionando proteína de alta calidad y micronutrientes esenciales, su producción es mucho menos sostenible que otras fuentes de proteína. Este impacto debe ser sopesado con su aporte nutricional y sus beneficios para la salud, mediante el uso responsable de los recursos naturales, con el fin de asegurar la disponibilidad de proteínas y otros nutrientes para las futuras generaciones (Quezada, 2019). En Ecuador, la investigación y el desarrollo de aislados proteicos están ganando relevancia, especialmente aquellos

derivados de fuentes vegetales autóctonas. El interés se centra en aprovechar la biodiversidad del país para obtener productos con alto valor nutricional y funcional, que puedan ser aplicados en la industria alimentaria, nutracéutica y farmacéutica. En el caso del lupino contribuye a la diversificación de fuentes proteicas en la dieta local y puede ayudar a reducir la dependencia de importaciones, genera nuevas oportunidades de negocio para pequeños y medianos agricultores, así como para la industria alimentaria y aprovecha la biodiversidad ecuatoriana y promueve cultivos ancestrales (Taco, 2018)

El presente trabajo consistió en realizar la caracterización física, química y funcional de aislados proteicos de lupino (*Lupinus mutabilis*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los granos secos de la especie de leguminosa *Lupinus mutabilis* (lupino), fueron adquiridos de una plaza comercial en el cantón Santa Ana, Manabí, Ecuador. Los granos seleccionados fueron molidos en un molino de cuchillas (*Biobase biodiversity shandong co. ltd, China*) para posteriormente tamizarlos y seleccionar la fracción que pasó por un tamiz de abertura 203 μm .

Obtención de asilado proteico

El aislado proteico se obtuvo por extracción alcalina seguida de precipitación isoeléctrica Bonino et al, 2016. En un vaso de precipitación se agregó 45 g de hidróxido de sodio y 1000 mL de agua destilada y se homogenizó con un agitador magnético, dando un pH de 11,65. Se añadió a la solución 50 g de harina de lupino y se mantuvo con agitación a 700 rpm y a una temperatura de 45°C hasta que no existan partículas suspendidas. Culminando ese paso se trasvasó a tubos de centrifuga de 15 mL, y se centrifugó durante 20 minutos a 3900 rpm recuperando el sobrenadante (*Sigma, Alemania*). Este fue filtrado con papel filtro grado 389, diámetro 129 mm (*whatman*). Seguidamente, el líquido filtrado se llevó a precipitación añadiendo ácido sulfúrico al 98%, hasta alcanzar un pH de 4. Inmediatamente, el material se trasvasa a tubos de centrifuga de 15 mL y se los centrifuga durante 12 minutos a 3900 rpm (*Sigma, Alemania*). Se separó el aislado proteico del líquido sobrenadante, se lavó con agua destilada y pasó a la estufa durante 3 horas a 45°C.

ANÁLISIS FUNCIONALES

Capacidad de absorción de agua

Para la Capacidad de Absorción (WAC) se colocó 1,5 g de aislado proteico en un tubo de centrifuga graduado de 15 mL y previamente pesado, se añadió 11 mL de agua destilada y se colocó en un mezclador eléctrico (*Vortex mixer VM-300, China*) durante 2,5 minutos. Posteriormente las muestras se centrifugaron a 3900 rpm (*Sigma 2-6E, Alemania*) por un tiempo de 35 minutos, se eliminó por decantación del exceso de agua y se tomó el peso del precipitado (Yixiang Xu, 2018).

Capacidad de absorción de aceite

Para la realización de capacidad de absorción aceite se realiza el mismo método que capacidad de retención de agua, sin embargo, se reemplazó el agua de destilada por aceite de oliva comercial marca “SNOB” (aceite extra virgen 0% colesterol, Supermaxi, Ecuador).

Capacidad de formación de espuma y estabilidad

La capacidad de formación de espuma (FC) y su estabilidad (FS) se evaluaron utilizando la metodología propuesta por Jitngarmkusol et al. (2008), con algunas modificaciones. Se pesó 1,5 g de aislado proteico y se colocaron en un vaso de precipitación graduado de 500 mL, al que se le añadió 100 mL de agua destilada. La mezcla se dispersó utilizando un agitador de hélice (*Fisher Scientific, Canadá*) a una velocidad de 2000 rpm durante 10 minutos.

Para determinar la FC, se midió el volumen de la espuma generada utilizando el mismo vaso graduado en el que se realizó la agitación. Los resultados se expresaron como el porcentaje de incremento de volumen tras la agitación. La FS se determinó dejando reposar la muestra a temperatura ambiente (25 °C) antes de medir nuevamente el volumen, y se expresó como el porcentaje de variación del volumen final en comparación con el volumen inicial (en el tiempo 0 horas) Yixiang Xu et al, (2018).

Actividad y estabilidad emulsionante

Se pesó 1g de aislado proteico en un tubo de centrifuga previamente tarado y se añadió 7 mL de agua destilada, manteniendo durante 20 minutos a una temperatura de 25 °C. A continuación, se añaden 7 mL de aceite de oliva (SNOB, Ecuador) y se transfiere todo a un vaso de precipitación donde se mezcló con un agitador magnético a 600 rpm durante 10 minutos. Posterior a esto, se transfirió la mezcla a un tubo de centrifuga, y se centrifugó a 3900 rpm durante 5 minutos (*Sigma, Alemania*), el volumen de la fase emulsificada (capa intermedia formada entre las fases acuosa y oleosa) se expresó como porcentaje en relación con el volumen total colocado en el tubo de centrifuga, recuperando el sobrenadante del mismo. El resultado se expresó en porcentaje.

Para poder determinar la estabilidad, después de la actividad emulsionante, las muestras se mantuvieron durante 10 minutos a temperatura ambiente 25 °C., y posteriormente se colocaron a baño maría a una temperatura de 85°C durante 15 minutos. Nuevamente se llevaron las muestras a la centrifuga durante 15 minutos a 3900 rpm (*Sigma, Alemania*). Se expresó la estabilidad como porcentaje del volumen de la emulsión en relación con el volumen de la mezcla total colocada en el tubo de centrifuga (Arroyo et al., 2022).

ANÁLISIS QUÍMICOS

Para determinar la humedad, se aplicaron los lineamientos de la norma NTE INEN 1 235 mediante gravimetría. Las muestras fueron secadas en un horno a 105°C durante 90 minutos, enfriadas en un desecador y luego pesadas. El análisis de cenizas se efectuó siguiendo los parámetros de la norma NTE INEN 467: 1980, empleando también la técnica gravimétrica. El contenido de proteína se cuantificó con base en las normas NTE INEN 465: 1980 y AOAC Ed. 22, 2023; 2001. 11, utilizando el método de extracción Kjeldahl. La cantidad de lípidos se determinó según la norma NTE INEN 466: 1980, a través del método de extracción Soxhlet y gravimetría, con hexano como solvente orgánico. Finalmente, el contenido total de carbohidratos se calculó por diferencia, aplicando la siguiente ecuación:

$$\%CT = 100 - (\%G + \%H + \%C + \%PC)$$

$\%CT$ = Porcentaje de carbohidratos totales

$\%G$ = Porcentaje de lípidos de la muestra

$\%H$ = Porcentaje de humedad

$\%C$ = Porcentaje de ceniza

$\%PC$ = Porcentaje de proteína

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis funcionales

Cantidad de agua absorbida

Se puede observar en la tabla 1 que la WAC del aislado proteico de lupino fue de $1,45 \pm 0,035$ g de agua absorbida, a diferencia del estudio realizado por Jaramillo (2022) en donde se determinó que la capacidad de absorción del aislado proteico de lupino fue $3,92 \pm 0,02$ g. Esta diferencia podría deberse principalmente a las condiciones de procesamiento empleadas para la obtención del aislado proteico, ya que factores como el pH de extracción, la temperatura y el tiempo de tratamiento influyen directamente en la conformación estructural de las proteínas y, por ende, en su capacidad para retener agua.

Capacidad de absorción de aceite

La capacidad de absorción de aceite (CAA) obtenido del aislado proteico de lupino fue de $2,77 \pm 0,20$ mL/g, mismo que fue superior en comparación al resultado del aislado proteico de lupino obtenido por Breña, (2018) cuyo valor fue de 1,76 mL/g. Domínguez et al. (2023) indican que los resultados de absorción de aceite fueron de 1,66 mL/g. Sin embargo, ambos estudios tienen resultados inferiores a nuestros hallazgos obtenidos. Las diferencias de resultados se pueden deber al método empleados en la obtención del aislado proteico. Goncalvez et al. (2017), citado por Breña, 2018 afirma que la CAA es un parámetro positivo, ya que la grasa absorbida protege frente a la desnaturalización térmica de las proteínas, siendo los aminoácidos hidrófobos los que interaccionan entre lípidos y proteínas.

Tabla 1: Parámetros de capacidad absorción de agua y aceite

Parámetros medidos	Media ± desviación estándar (g/g)
Capacidad de absorción de agua	3,3 ± 0,2
Capacidad de absorción de aceite	2,77 ± 0,20

Tabla 1 Los valores corresponden a la media ± desviación estándar de n=3.

Actividad y estabilidad espumante

La capacidad espumante (FC) del aislado proteico de lupino obtenida en este estudio fue de $2,75 \pm 0,35$ %, un valor considerablemente superior al reportado por García (2023), quien obtuvo $0,057 \pm 0,009$ %. Esta diferencia podría estar relacionada principalmente con las condiciones del análisis, en especial el tiempo y velocidad de agitación, factores que influyen directamente en la incorporación de aire y la formación de espuma. Resultados similares a los obtenidos en este trabajo fueron reportados por Breña, (2018) con valores de $3,23 \pm 0,12$ %

En cuanto a la estabilidad espumante (EE), en el presente estudio se obtuvo un valor de 0 al igual que el realizado por Katharina Norbert et al. (2021) cuya investigación arrojó un resultado de 0 para la (EE). Según Domínguez et al. (2023) esto puede atribuirse a que las condiciones experimentales, como el pH cercano al punto isoeléctrico o una baja viscosidad del medio, impidieron la formación de una película proteica suficientemente resistente en la interfase aire-agua. la estabilidad espumante de los aislados de lupino tiende a incrementarse cuando se incrementa la concentración proteica y se ajusta el pH lejos del punto isoeléctrico, lo que favorece la formación de películas más estables en la interfase aire-agua.

Capacidad de emulsión y estabilidad de emulsión

Los resultados para capacidad de emulsionante (CE) y estabilidad emulsionante EE pueden verse en la tabla 2, para el aislado proteico de lupino fueron $3,33 \pm 0,42$ y $1,37 \pm 0,08$ %, respectivamente. Comparando estos valores con los obtenidos por Breña (2018), fueron inferiores respecto a CE (63.38%) y EE (50.51%). Sin embargo, hay que recalcar que la CE y EE pueden variar con el pH y la temperatura de nuestra investigación (11,65 pH y 45°C para la CE y EE), por lo que las similitudes o diferencias en este caso pueden deberse al pH de 10,5 y temperatura de 50 °C usadas en el estudio de Breña (2018).

Tabla 2: Parámetros de actividad y estabilidad emulsionante, capacidad y estabilidad espumante de aislado de lupino

Parámetro	Media \pm desviación estándar (%)
Capacidad espumante	2,75 \pm 0,35
Estabilidad espumante	0
Capacidad de emulsión	3,33 \pm 0,42
Estabilidad emulsionante	1,37 \pm 0,08

Tabla 2 Los valores corresponden a la media \pm desviación estándar de n=3

Determinación de cenizas

El contenido de cenizas de la proteína aislada de lupino (*Lupinus mutabilis*) fue de 25 \pm 0,13 %, el cual es considerablemente mayor que el de la proteína aislada mostrada en el estudio realizado por Cabezas (2017) 2.58 \pm 0,10 %, esto posiblemente se debe a que durante la neutralización con ácido se generan sales, y el proceso de lavado no fue lo suficientemente efectivo para eliminarlas por completo.

Determinación de proteínas

En el presente estudio el resultado de proteínas obtenido fue de 47,78 \pm 0,12. En la tabla 3 se puede apreciar que el contenido de proteína obtenido por García, (2023) que fue de 47,76 \pm 0,48, el cual es muy similar al del presente estudio.

Tabla 3: parámetros químicos del aislado proteico de lupino.

Parámetros medidos	Media \pm desviación estándar (%)
Cenizas	15,38 \pm 0,07
Proteínas	45,90 \pm 0,12
Grasas	12,32 \pm 0,02
Carbohidratos	26,40 \pm 0,10

Tabla 3 Los valores corresponden a la media \pm desviación estándar de n=3

Conclusiones.

El aislado proteico de lupino (*Lupinus mutabilis*) obtenido mediante extracción alcalina y precipitación isoelectrica presentó propiedades funcionales y composicionales destacables, que lo posicionan como una alternativa vegetal viable para la industria alimentaria y nutracéutica. La capacidad de absorción de aceite fue superior a la reportada en otros estudios, lo cual sugiere un potencial favorable para aplicaciones en productos donde la retención lipídica sea deseable. Si bien la capacidad de absorción de agua y las propiedades emulsionantes fueron inferiores en comparación con otras investigaciones, estas diferencias podrían atribuirse a las condiciones específicas de procesamiento utilizadas.

Por otro lado, el elevado contenido de cenizas sugiere la necesidad de optimizar el proceso de neutralización y lavado para mejorar la pureza del aislado. El aislado proteico de lupino obtenido en este estudio presentó un alto contenido de proteína (47,78 %). Este valor es comparable al de otros aislados de leguminosas comúnmente utilizados en la industria alimentaria, lo que resalta el potencial del lupino andino como una fuente proteica vegetal de calidad. La elevada concentración de proteína lo hace adecuado para su aplicación en productos funcionales, suplementos nutricionales y formulaciones dirigidas a consumidores que buscan alternativas a las proteínas animales.

Referencias

Arango Bedoya, Oscar, Bolaños Patiño, Valery, Ricaurte García, Diana, Caicedo, Marcela, & Guerrero, Yulieth. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir

- de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Universidad y Salud* , 14 (2), 161-167. Recuperado el 16 de julio de 2025 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200006&lng=en&tlng=es.
- Arroyo, M., Rendón, A., & Serna, L. (2022). Capacidad emulsificante y estabilidad de emulsiones de harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) bajo diferentes condiciones de pH y fuerza iónica. *Redaly.org*, 70(4), 415-420. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1699/169975160011/html/>
- Bonet, K. (30 de Noviembre de 2021). Caracterización fisicoquímica y funcional del aislado de proteína del Huitlacoche (*Ustilago maydis* D.C. Corda). Universidad Autonomas Chapingo, p32. Obtenido de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/68835540-3dae-4b35-8d77-a845c3378850>
- Bonino, J., Cagnassi, L., Gudicci, A., Ibarra, J., Oriolano, p., Vidal, A., . . . Boeris, V. (2016). Caracterización fisicoquímica de aislados de proteínas vegetales. *Energeia*, 14 (14). *Repositorio UCA*, 9. Obtenido de <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/5739/1/caracterizacion-aislados-proteinas-vegetales.pdf>
- Breña, D. (2018). *Obtencion de un aislado proteico de torta de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y evaluacion de propiedades tecno-funcionales*. Unidad Nacional Agraria La Molina. p76. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a4c545cf-6681-462b-9b4f-fb77a4688812/content>
- Cabezas, E. (Noviembre de 2016). Panificación con harina de arveja. *Scielo*, 58 (4). Obtenido de Scielo: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Arveja%20estudio%20caracterizacion.pdf>
- Cabezas, E. (9 de Noviembre de 2017). Cenizas, higiene y control. Obtenido de <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas/cenizas>
- Dominguez, R., Bermudez, R., Pateiro, M., Lucas, R., & Lorenzo, J. (2023). Optimización y caracterización del aislado de proteína de lupino obtenido mediante solubilización alcalina-precipitación isoeléctrica. *Food*, 12 (20), 3875. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/20/3875#metrics>
- Escalón, P. (2019). Metodo Kjeldahl para la determinacion de nitrogeno y proeinas. *Gerhardt, p1*. Obtenido de Gerhardt: <https://www.gerhardt.de/es/know-how/metodos-analiticos/el-metodo-kjeldahl/>
- García, A. (Mayo de 2023). Propiedades nutricionales y funcionales de los aislados proteicos de harina de chía desgrasada con diferentes pH de extracción. *Foods* , 12 (16), 3046. <https://doi.org/10.3390/foods12163046>

- Guerra, D. (2017). Analisis proximal y perfil aminoacidos del aislado proteico del chocho ecuatoriano (*Lupinus mutabilis*). Dialnet, 6(1), 55-66. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AnalisisProximalYPerfilDeAminoacidosDelAisladoProt-7113389%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-AnalisisProximalYPerfilDeAminoacidosDelAisladoProt-7113389%20(1).pdf)
- Jaramillo, E. (2022). Elaboracion de tres analogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus metabilis*). Universidad Tecnica de Cotopaxi. Direccion de posgrado. p56. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c03b1111-b5a7-422f-9039-3ef0e1e2d801/content>
- Mercado, J. (18 de Septiembre de 2014). Obtencion de un aislado proteico de torta de Sacha Inchi. Anales cientificos, 76 (1), 160-167. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ObtencionDeUnAisladoProteicoDeTortaDeSachaInchiPlu-6171097%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-ObtencionDeUnAisladoProteicoDeTortaDeSachaInchiPlu-6171097%20(1).pdf)
- Pérez Saucedo, Ma. del Rosario, Ulloa, José Amando, Ulloa, Petra Rosas, Ramírez Ramírez, José Carmen, Silva-Carrillo, Yessica, & Ulloa Rangel, Blanca Estela. (2021). Caracterización tecno-funcional de un concentrado proteínico obtenido de la semilla de mango (*Mangifera indica* L.). *Biotecnia*, 23(1), 120-126. Epub 18 de junio de 2021. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1306>
- Planchuelo, A. (2021). El tarwi o chocho: una de las principales fuentes de proteína vegetal de las comunidades indígenas de los andes centrales. *Revista Argentina Antropologica Biologica* 7 (1), 159-161. Obtenido de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/5919/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Poore, J., & Nemecek, T. (1 de Junio de 2018). *Science*. Reducir el impacto ambiental de los alimentos a través de productores y consumidores. Obtenido de Science: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216>
- Poore, J., & Nemecek, T. (1 de julio de 2018). Reducir el impacto ambiental de los alimentos a través de productores y consumidores. *Science* 360 (6392), 987-992. Obtenido de Science: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216>
- Quezada, D. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista Nutricional*, 2 (1), 63-145. Obtenido de <https://revistanutricionclinicametabolismo.org/index.php/nutricionclinicametabolismo/article/view/rncm.v2n1.063/145>
- Domínguez, R., Bermúdez, R., Pateiro, M., Lucas-González, R., y Lorenzo, J.M. (2023). Optimización y caracterización del aislado proteico de lupino obtenido mediante solubilización alcalina-precipitación isoeléctrica. *Foods*, 12 (20), 3875. <https://doi.org/10.3390/foods12203875>

Taco, D. (2018). Aislamiento y caracterización de las proteínas del grano de quinua (Chenopodium quinua Willd) Ecuatoriana, variedad iniaptunkahuan. Universidad Central de Ecuador, Trabajo de investigación. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/10b13797-289b-44c6-b4c3-67119296afb7/content>

Xu, Yixiang & Thomas, Melissa & Bhardwaj, Harbans. (2013). Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (Cicer arietinum L.) as affected by different cooking methods. International Journal of Food Science & Technology. 49. 10.1111/ijfs.12419. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/260415791_Chemical_composition_functional_properties_and_microstructural_characteristics_of_three_kabuli_chick_pea_Cicer_arietinum_L_as_affected_by_different_cooking_methods

Katharina SchlegeNorbert Lidzba, E. U.-W. (31 de Enero de 2021). Optimization and Characterization of Lupin Protein Isolate Obtained Using Alkaline Solubilization-Isoelectric Precipitation

Scielo. Trabajo de investigación Obtenido de Scielo:
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7910967/?utm_source=chatgpt.com