

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGIA.

Carrera:

Agroindustria

Modalidad:

Artículo científico

Tema:

“Caracterización reológica de las proteínas de frijol(phaseolusspp), quinua (chenopodim quinua), amaranto(amaranthus causatus), lupino(lupinus mutabilis) y residuos del proceso de producción de cerveza”

Autor:

Steven Fernando Zambrano Chávez

Tutor:

Ing. Stalin Gustavo Santacruz Terán .

Periodo academico:

2025 (1)

DECLARACIÓN EXPRESA DE AUTORÍA

Yo Zambrano Chávez Steven Fernando con CI. 1313312272, declaramos que el presente trabajo de titulación denominado “caracterización reológica de las proteínas de frijol(*phaseolus* spp), quinua (*chenopodium* quinua), amaranto (*amaranthus* *causatus*), lupino (*lupinus* *mutabilis*) y residuos del proceso de producción de cerveza” es de mi 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 certifico.



Zambrano Chávez Steven Fernando

Manta, 16 de septiembre de 2025.

	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 de la Vida y Tecnología 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 **Zambrano Chávez Steven Fernando** legalmente matriculado/a en la carrera de Agroindustria, período académico 2025(1), cumpliendo el total de 400 horas, cuyo tema del proyecto es **“Caracterización reológica de las proteínas de frijol (*phaseolus spp*), quinoa (*chenopodium quinoa*), amaranto (*amaranthus caudatus*), lupino (*lupinus mutabilis*), y residuos de del proceso de producción de cerveza”**.

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.

Lugar, Manta, 16 de septiembre del 2025.

Lo certifico,



Ing. Stalin Gustavo Santacruz Terán, PhD
Docente Tutor(a)
Área: Agroindustria

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este proceso y me han acompañado en la culminación de esta etapa tan importante de mi vida.

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para avanzar aun en los momentos de mayor dificultad. Sin su guía y su luz, este logro no habría sido posible.

A mi familia, quienes han sido mi mayor pilar y fuente de motivación. A mis padres, por inculcarme desde niño el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la humildad, y por estar siempre presentes con palabras de aliento y gestos de apoyo incondicional. A mis hermanos, por su comprensión y por recordarme constantemente que los logros personales también son un triunfo compartido.

Extiendo también mi gratitud a mis docentes y tutores, quienes no solo me brindaron sus conocimientos, sino también su ejemplo de profesionalismo y compromiso. Cada orientación recibida, cada observación y cada consejo han sido valiosos para mi formación, no solo académica, sino también humana.

De igual manera, agradezco a mis compañeros y amigos, con quienes compartí largas jornadas de estudio, aprendizajes, dudas y alegrías. Su compañía convirtió este trayecto en una experiencia más llevadera y significativa.

A todas aquellas personas que, aunque no mencione de manera individual, han aportado con un gesto, una palabra o una acción, les expreso mi reconocimiento. Este logro no es solo mío, sino también de todos los que han creído en mí y me han acompañado en este camino.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y sostén en cada paso, por darme la fuerza necesaria para no rendirme y por recordarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mi familia, por su amor incondicional, por las palabras de aliento en los momentos de incertidumbre y por enseñarme que los logros se construyen con esfuerzo, unión y fe.

Y a mí mismo, por la constancia, la disciplina y la valentía de mantenerme firme en este camino, demostrando que los sueños se alcanzan con perseverancia y confianza.

**CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE LAS PROTEÍNAS DE
FRIJOL (*Phaseolus spp*), QUINOA (*Chenopodium quinoa*),
AMARANTO (*Amaranthus caudatus*), LUPINO (*Lupinus mutabilis*), Y
RESIDUOS DE DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA**

**RHEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF PROTEINS FROM
BEAN (*Phaseolus spp*), QUINOA (*Chenopodium quinoa*),
AMARANTH (*Amaranthus caudatus*), LUPINO (*Lupinus mutabilis*),
AND RESIDUES FROM THE BEER PRODUCTION PROCESS**

Steven Fernando Zambrano Chavez*, Stalin Gustavo Santacruz Terán.

Facultad de Ciencias de la vida y Tecnología, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí -

Manta, Ecuador.

Información del RESUMEN

artículo

Tipo de artículo:

Artículo original

Recibido:

dd/mm/aaaa

Aceptado:

dd/mm/aaaa

El término "nutracéutico" ha cobrado relevancia en la dieta de los consumidores y en el sector alimentario en las últimas décadas. En este campo, las proteínas extraídas de las plantas están adquiriendo relevancia dentro de la industria de alimentos. Las propiedades reológicas de los concentrados proteicos extraídos de *Phaseolus spp* (frijol), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), lupino (*Lupinus mutabilis*), y residuos del proceso de producción de cerveza fueron examinadas en este estudio. Cada solución obtenida se sometió a pruebas reológicas para determinar los parámetros: índice de consistencia (K), comportamiento de flujo (n). Las soluciones alcalinas del proceso de extracción proteica de los 5 materiales de estudio mostraron contenidos proteicos de: frijol $78,11\% \pm 0,02$, quinoa $43,46\% \pm 0,07$, amaranto $70,64\% \pm 0,02$, lupino $88,28\% \pm 0,03$ y residuo de cerveza $36,86\% \pm 0,04$. En los resultados mostrados se observa que los concentrados proteicos de residuo de cerveza, quinoa y amaranto fueron los que evidenciaron los valores más bajos en n con 0,4286; 0,5304 y 0,5813 respectivamente en contraste con las muestras de frijol y lupino las mismas que presentaron valores más altos de n con 0,7482 y 0,7295 respectivamente. Todas mostraron un comportamiento de un fluido pseudoplástico no newtoniano. Los resultados muestran al lupino y al frijol como mejor fuente de concentrado proteico seguido del amaranto, la quinoa y el residuo de cerveza, en conclusión, todas las muestras vegetales analizadas podrían ser utilizadas como una buena fuente de proteínas con aplicaciones alimentarias en sistemas emulsionantes.

Palabras clave: concentrado proteico, harinas, semillas, leguminosas.

ABSTRACT

The term "nutraceutical" has gained relevance in consumer diets and the food sector in recent decades. In this field, proteins extracted from plants are gaining importance within the food industry. The rheological properties of protein concentrates extracted from *Phaseolus spp* (beans), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), lupin (*Lupinus mutabilis*), and beer production waste were examined in this study. Each solution obtained was subjected to rheological testing to determine the following parameters: consistency index (K) and flow behavior (n). The alkaline solutions of the protein extraction process of the 5 study materials showed protein contents of: beans $78.11\% \pm 0.02$, quinoa $43.46\% \pm 0.07$, amaranth $70.64\% \pm 0.02$, lupine $88.28\% \pm 0.03$ and beer residue $36.86\% \pm 0.04$. The results shown show that the protein concentrates of beer residue, quinoa and amaranth were the ones that showed the lowest values in n with 0.4286; 0.5304 and 0.5813 respectively in contrast to the bean and lupine samples which presented higher values of n with 0.7482 and 0.7295 respectively. All showed a behavior of a non-Newtonian pseudoplastic fluid. The results show lupin and beans as the best source of protein concentrate, followed by amaranth, quinoa, and beer residue. In conclusion, all the plant samples analyzed could be used as a good source of protein for food applications in emulsifying systems.

Key words: protein isolate, flours, seeds, legumes.

INTRODUCCIÓN

“En las últimas décadas el concepto de "alimento nutraceutico" ha tomado mucha importancia en la dieta de los consumidores y dentro de la industria alimentaria. Las comidas funcionales y nutraceuticas ofrecen nutrientes esenciales y ventajas particulares, como la disminucion del riesgo de sufrir enfermedades cronicas (Heliodoro et al., 2018; Varzakas et al., 2016). Por otro lado, se puede definir como nutraceutico a un compuesto que aporta beneficios adicionales al valor nutricional de los alimentos, en beneficio de la salud del consumidor, incluso para prevenir o tratar determinadas enfermedades (Reglero, 2011). Estos componentes, que son metabolitos

secundarios producidos por las plantas y que constituyen uno de los grupos más importantes y numerosos (Benavente-García, 2012; Valentine et al., 2013), se denominan compuestos bioactivos. Tienen un impacto en la actividad celular y en los procesos fisiológicos (Martínez et al., 2012).”

“Las leguminosas son parte de los alimentos nutraceuticos, que tienen un bajo contenido graso y una cantidad elevada de fibra, folato, calcio, zinc, hierro, potasio y magnesio. Son ricas en carbohidratos complejos, micronutrientes y aminoácidos. Por esta razón, al igual que los cereales, constituyen una dieta sana (OMS, 2016)”.

“Los consumidores son cada vez más conscientes de las ventajas de consumir alimentos con valor agregado. Por esta razón, se enfocan especialmente en los alimentos que tienen componentes que fomentan la salud y previenen el surgimiento de enfermedades crónicas no transmisibles; esto les impulsa a buscar constantemente productos naturales y accesibles. Asimismo, la ingesta de proteínas vegetales tiene ventajas extras para la salud (Quezada, 2023). "A modo de ejemplo, se ha demostrado que el consumo elevado de proteínas vegetales puede disminuir la probabilidad de morir a causa de enfermedades cardiovasculares (Aparicio et al., 2024).”

“En este campo, las proteínas vegetales aisladas están adquiriendo relevancia en la industria de alimentos (Moliner, 2023); la tecnología actual para procesar alimentos posibilita un uso más efectivo de las proteínas vegetales a través de la creación de concentrados y aislados proteicos de mejor calidad (Balam et al., 2023). El aislado de proteína tiene un mayor contenido de proteína por porción con alrededor del 90% o más de proteína, (García, 2024). El concentrado proteico generalmente contiene entre un 70-80% de proteína, con el resto compuesto por grasas, carbohidratos (incluida la lactosa) y otros nutrientes (García, 2024).”

“La preferencia por la extracción alcalina de proteínas se debe a su alto rendimiento de extracción, de aproximadamente el 82-85 % (Vieira et al., 2014). Sin embargo, este método conlleva cambios en la estructura, composición y función de la proteína (Stone et al., 2015 ; Yang et al., 2021), que no se han investigado exhaustivamente en estudios previos, pero que son cruciales para determinar las aplicaciones adecuadas de estas proteínas. Además, los álcalis son capaces de solubilizar otros componentes en una matriz lignocelulósica, incluyendo la hemicelulosa y la lignina (Vieira et al., 2014), lo que resulta en un cambio en la composición de las fracciones que puede influir en su funcionalidad.”

“Las leguminosas han sido consideradas como adecuadas para la preparación de aislados y concentrados proteicos por su alto contenido de proteínas, bajo costo y amplia aceptabilidad (Quezada, 2023). La proteína vegetal más ampliamente estudiada por sus propiedades funcionales es la proteína de soya (Vázquez, 2020). Sin embargo, el uso de proteínas de frijoles (*Phaseolus*

spp), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), lupino (*lupinus mutabilis*), y residuos del proceso de producción de cerveza son alimentos de gran valor nutritivo y medicinal (Trino et al., 2017), además se ha reportado que estos granos contienen proteínas con aminoácidos esenciales y fibra, además de minerales, vitaminas y otros componentes que le otorgan un alto valor nutricional (Valcárcel-Yamani y Lannes, 2012).”

“El frijol común (*Phaseolus spp.*) es una de las leguminosas más importantes en el mundo debido a su alto contenido proteico. El fréjol es un cultivo tradicional que forma parte de la dieta básica alimenticia (Lardizabal et al., 2013) al ser una alta fuente de proteína de bajo costo (Guamán et al., 2020).”

“La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un grano milenario, nativo de la región andina cultivado y ampliamente utilizado por las culturas ancestrales, muy consumido por los incas (Peiretti et al., 2013). Tuvo su origen en los Andes peruanos y regiones andinas comprendidas en América del Sur. A partir de la conquista española el consumo de quinoa tuvo un rechazo debido a que fue considerada como “comida india” (Salcedo et al., 2014, como se citó en Basantes et al., 2019). En la actualidad, su cultivo se extiende hasta Europa y América del Norte, siendo la variedad INIAP Tunkahuán la de mayor demanda en el Ecuador (Cadena, 2021).”

“La quinoa se ha catalogado como un alimento completo la proteína presente en esta leguminosa es particularmente alta en lisina, el aminoácido limitante en la mayoría de los granos de cereales. Su equilibrio de aminoácidos esenciales es excelente debido a que es más amplio que en otros cereales y legumbres, con contenidos más altos de lisina (5,1-6,4%) y metionina (0,4-1%) (Campos et al., 2022). El contenido de metionina y cisteína de la quinoa es similar al de la cebada y la soja, aunque menor que las cantidades del trigo; y mayor contenido de histidina, de los cereales ya antes mencionado. Las proteínas de la quinoa tienen niveles adecuados de aminoácidos aromáticos (fenilalanina y tirosina) y de contenidos de histidina, isoleucina, treonina, fenilalanina, tirosina y valina, de acuerdo con los requerimientos sugeridos por la FAO - OMS. Si se compara 100 g de quinoa con 100 g de trigo, la quinoa tiene casi cinco veces más lisina, más del doble de isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina, y también una cantidad mucho mayor de leucina (más específicamente todos los aminoácidos esenciales junto al triptófano) (Campos et al., 2022). Y incluye aminoácidos que no se encuentran en el trigo, como la tirosina, la prolina, la serina, el ácido aspártico, el ácido glutámico y la cisteína (todos ellos aminoácidos no esenciales) (Collar, 2016).”

“El amaranto es considerado como un pseudocereal cuyos granos poseen un diámetro aproximado de 0,9 a 1,7 mm con coloraciones doradas, amarillo crema o negras (Roa-Acosta et al., 2017). El amaranto se encuentra entre los alimentos olvidados, tuvo su auge durante la época precolombina,

pero con el paso de los siglos y el cambio de hábitos alimenticios fue olvidado (Basantes et al., 2019). El amaranto se destaca por su contenido de proteína cruda, fibra, grasa y cenizas, es un pseudocereal rico en proteínas (aproximadamente 14,45 %), y la suma de los aminoácidos esenciales en las semillas es aproximadamente igual al estándar recomendado por la FAO y la OMS (Alemán, 2022).”

“El lupino (*Lupinus mutabilis*), es originario de la región andina de Perú, Ecuador y Bolivia y es común su consumo en el Ecuador y en toda la región andina (Johnson et al., 2017). También conocido como chocho en Ecuador, es un grano con un alto contenido de proteína, con alrededor del 53% (Mazón, 2019). La semilla de lupino amargo generalmente contiene aproximadamente el doble de proteína que las legumbres consumidas normalmente. Puede satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales para la dieta humana, excepto la metionina (Khalid et al., 2016).”

"Las proteínas de origen vegetal han ganado importancia en la ciencia alimentaria, particularmente como reemplazos de las proteínas animales, por el aumento exponencial de la población global y la demanda creciente de opciones alimenticias que sean sostenibles. Los cereales y las leguminosas son algunas de estas opciones que tienen el potencial de cumplir con la necesidad de proteínas de un modo más sostenible (Alvarado y Macías, 2024).”

“Los granos gastados de cervecería, un subproducto de la industria cervecera, constituyen el 85% de los desechos cerveceros y se componen principalmente de proteínas insolubles (20%), fibras (70%) y una abundancia de compuestos fenólicos (Mussatto, Dragone y Roberto, 2006).”

“Se ha investigado el subproducto de la elaboración de cerveza en términos de sus características químicas, funcionales y físicas. El bagazo es un producto con un alto contenido de proteínas y fibra en lo que respecta a sus propiedades nutricionales. Las proteínas pueden llegar a representar hasta un 30% y la fibra, por su parte, representa casi la mitad de la composición del producto en seco (Demilta y Tagliaferro, 2023).”

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar reológicamente el extracto alcalino del proceso de extracción proteica de frijol (*Phaseolus spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), lupino (*Lupinus mutabilis*), y residuos de del proceso de producción de cerveza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de lupino, frijol, amaranto y quinoa fueron adquiridas en el mercado central de Manta, Ecuador. El bagazo fue adquirido en la "Cervecería Costanera", que se encuentra en el

cantón Chone, Ecuador. Las muestras recolectadas fueron trasladadas a los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, ubicada en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

"Las muestras fueron secadas durante 72 horas en un horno de convección con aire forzado a una temperatura de 50 °C. Luego, el material seco se procesó con un molino eléctrico (Biobase biodiversity shandong co. ltd, China) y la harina resultante fue tamizada mediante dos mallas: una N° 80 con una abertura de 180 µm y otra N° 100 con una abertura de 150 µm. El material que quedó en el tamiz 100 se guardó para ser analizado más adelante."

Obtención del concentrado proteico

"El proceso de concentrado proteico se realizó siguiendo la metodología de extracción alcalina sólido-líquido propuesta por Fritz (2011) y Oyola (2018) con ligeras modificaciones. Se disolvieron 50 g de harina (de lupino, quinoa, frijol, amaranto o bagazo de cerveza rubia) en una solución de NaOH 1N a razón de 50 g por cada litro de álcali. La solución fue agitada de manera continua durante 10 minutos con un agitador magnético a 200 rpm, a una temperatura de 45°C. Las muestras fueron centrifugadas durante 30 minutos a 4000 revoluciones por minuto (SIGMA 2-6E, Alemania)."

Seguidamente se realizó un proceso de filtrado donde se usó una tela de liencillo para la separación de sólidos y sobrenadante, seguidamente se utilizó el sobrenadante para analizar el contenido proteico y el análisis de viscosidad de las muestras obtenidas.

ANÁLISIS FÍSICOS

Viscosidad del concentrado proteico

"Los análisis se realizaron en las diferentes soluciones alcalinas del proceso de obtención de concentrados proteicos, mismas que tuvieron un pH de $12 \pm 0,5$. Se utilizó 500 mL del aislado para la medida de la viscosidad en un viscosímetro rotacional NDJ-5s (marca, país elaboración) con un spindle N° 1. Se realizaron medidas a 4 velocidades (6 rpm hasta 60 rpm) con un intervalo de tiempo entre cada rpm de 60 segundos a una temperatura de $22,8 \pm 1$ °C. Los sólidos totales de las soluciones fueron para la quinoa 9,60 %; amaranto 8,04%; frijol 8,82%; residuo de cerveza 8,30% y para el aislado el lupino de 14,41%."

ANÁLISIS QUÍMICOS

Contenido de proteína

La estimación del contenido proteico se llevó a cabo siguiendo los parámetros de las normas NTE

INEN 465:1980 y AOAC Ed. 22, 2023; 2001. 11, aplicando el procedimiento de extracción Kjeldahl.”

Diseño Experimental

El diseño experimental unifactorial se utilizó para este estudio experimental. Se llevaron a cabo todas las medidas en triplicado y se reportaron los valores de las medias con su respectiva desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido proteico

En la tabla 1, se observa los resultados del contenido de proteína en los concentrados proteicos obtenidos de muestras de harina de frijol (*Phaseolus spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), lupino (*Lupinus mutabilis*), y residuos de del proceso de producción de cerveza. Estos valores muestran que existió diferencia estadística significativa ($P<0,05$) entre las muestras evaluadas, siendo el concentrado de lupino el que presento un mayor contenido proteico con 88,28%, seguido por el aislado de frijol y amaranto con valores de 78,11% y 70,64% respectivamente, siendo estos los de mayor contenido proteico reportados en contraste con los concentrados de quinoa y residuo de cerveza los cuales presentaron los valores más bajos con de 43,46% y 36,86% respectivamente.

Tabla 1. Contenido de proteína en muestras de concentrados proteicos de frijol, quinoa, amaranto, lupino, y residuos de del proceso de producción de cerveza.

Muestra	Proteína (%)
Quinoa	43,46 ± 0,7 ^d
Frijol	78,11 ± 0,2 ^b
Amaranto	70,64 ± 0,2 ^c
Lupino	88,28 ± 0, 3 ^a
Residuo de cerveza	36,86 ± 0,4 ^e

“Los resultados obtenidos en este trabajo del concentrado proteico de la quinoa son superiores a los de semilla de quinoa reportados por Elsohaimy et al. (2015) quienes encontraron valores de proteína de 14,03 ± 0,25 %. De manera similar el contenido proteico del concentrado de lupino es superior al obtenido por Khalid et al. (2016), quienes analizaron la harina de semilla de lupino amargo entero y la harina de semilla de lupino amargo descascarillado encontrando valores de 45,0 % de proteína para semilla entera y 41,5% para semilla sin cascara. El contenido del concentrado de cerveza es superior al material del residuo de cerveza obtenido por Alvarado y Macias, (2024) que reportaron 11,14% de proteína obtenido del subproducto de cerveza rubia.”

Los valores de proteína en el concentrado proteico de amaranto reportados en nuestro estudio,

70,64 $\pm$ 0,2 %, son superiores a lo mencionado por Zhang et al. (2023) los cuales indican que la semilla de amaranto posee un 14 % a 18 % de proteína, y a los de Singh et al. (2020) que reportaron valores de 14,29 % de proteína en harina de semillas de amaranto.

En cuanto al contenido de proteína presente en el concentrado proteico de frijol reportado en nuestro trabajo con valores de 78,11 $\pm$ 0,2 % es mayor al reportado por Mederos (2006) quien menciona que los materiales de frijol presentan valores de proteína cruda en base seca que oscilan entre un 16 y 30 %. En un estudio realizado por Vargas-Torres et al. (2006) en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) reportaron valores de proteínas con 22,16% en frijol variedad Flor de Mayo, 23,41% para la variedad de Mayocoba, 24,20% para la variedad de frijol negro y 22,85 para la variedad frijol peruano. Otro estudio realizado por De La Cruz (2024) donde evaluó los componentes nutricionales de las semillas de *Cajanus cajan* (frijol de palo) reportaron valores de 18.69 a 18.97% de proteína en semillas.

En cuanto a los valores de proteína del concentrado de frijoles reportados en nuestro trabajo 78,11 $\pm$ 0,2 son similares a los reportados por Jaimes et al., (2014) quienes reportaron para concentrados de *Prosopis juliflora* (75%) y Ghribi et al., (2015) en concentrados de *Cicer arietinum* L. indicaron valores de (78,53%). En contraste otros autores reportaron valores inferiores a los nuestros por ejemplo en su trabajo Marrugo-Ligardo et al., (2016) evaluaron los concentrados proteicos de dos especies de frijoles los cuales reportaron que el concentrado de *Phaseolus lunatus* presentó valores de proteína de 66,8 % y para el concentrado proteico de *Vigna unguiculata* de 65.29 %. Estos valores son más altos que los de Ugwuona y Suwaba (2013) para concentrados proteicos de *Canavalia ensiformis* (49,47%).

Con respecto al concentrado proteico de quinoa en el presente estudio se obtuvo un 43,46 $\pm$ 0,7 % de proteína, nuestros resultados son inferiores a los reportados por Quelal et al. (2019), los cuales reportaron un contenido de proteína de 73.71% en un hidrolizado proteico de quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. Además, en investigaciones de este tipo, se logró un contenido proteico de 70.10 % en un aislado proteico hecho con quinoa variedad INIAP-Tunkahuan (Tapia et al., 2016), y de 64.97 % en harina comercial de quinoa (Toapanta, 2016). En cultivos experimentales de quinoa procedente de La Paz-Bolivia se obtuvo un porcentaje del 84.93 % (Callisaya et al., 2009), mientras que para quinoas peruanas (específicamente las variedades blanca y rosada Junín) el promedio fue del 73.53 % (Lujan, 2014). Steffolani et al. (2016) informaron que, a partir de diversas variedades de quinoa dulce peruana (Pansakalla y Rosada) y boliviana (Kurmi, Jacha y Chucapaca), se obtuvieron valores por encima del 85 % de este analito. La extracción y la concentración de proteínas pueden ser afectadas por factores como la diversidad, las condiciones de solubilización y precipitación. Además, para conseguir el concentrado proteico, es preciso tener en cuenta un balance entre su rendimiento y las pérdidas

nutricionales mínimas. De esta manera, se pueden potenciar las propiedades funcionales del concentrado (Mufari, 2015).

En cuanto al contenido proteico de lupino reportado en nuestro trabajo 88,28% es mayor al reportado por Alvarado, (2006) el mismo que en su trabajo reportó 83,1 % de proteína en concentrado de lupino, Domínguez et al. (2023) reportaron 87,7% de proteína en aislados proteicos de alta pureza de lupino.

Aceituno-Medina et al. (2013) obtuvieron un contenido proteico del 85,5 % mediante disolución alcalina de polvo de amaranto desengrasado a pH 9, seguida de precipitación a pH 5. Por el contrario, (Mendonça et al., 2009) extrajeron la proteína a pH 11, seguida de precipitación isoelectrica a pH 5,7, y obtuvieron un contenido proteico del 96,0 %.

En los resultados del contenido proteico obtenido del concentrado del residuo de cerveza se puede evidenciar que los del presente trabajo con valores de 36,85%, son superiores a los de Heinen (2025) quien reportó valores de 24,64% y 26,52% para los concentrados proteicos de la hez de malta. Estos resultados diferentes posiblemente se deberían a la utilización de diferentes métodos de extracción como, por ejemplo, en contraste con nuestros resultados Vieira et al. (2014) utilizaron un reactivo reciclable para la extracción continua de proteínas y arabinoxilanos, lo que indica que el reactivo reciclado (ácido cítrico, etanol) aumentó significativamente el contenido total de proteínas al 82% al 85% lo que indica un mayor resultado en comparación con el nuestro.

Viscosidad

En base a los presentes resultados se puede indicar que los concentrados proteicos de quinoa, residuo de cerveza, amaranto, lupino y frijol, se comportaron como fluidos no newtonianos y pseudoplasticos debido a que la viscosidad fue dependiente a la velocidad de corte como se muestra en la figura 1, donde se evidencia que el valor de viscosidad se ve afectado y disminuye a medida que aumenta la velocidad de corte. Según Castaño y Riveros (2022), los fluidos pseudoplásticos son menos viscosos cuando se les aplica una deformación a alta velocidad que cuando el cizallamiento es lento.

En la figura 1, se observa los resultados de viscosidad en función de la razón de corte en los concentrados proteicos obtenidos de muestras de harina de frijol (*Phaseolus spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranto (*Amaranthus caudatus*), lupino (*Lupinus mutabilis*), y residuos de del proceso de producción de cerveza. Los valores muestran que existió diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos evaluados, siendo el aislado de quinoa el que presento una mayor viscosidad a lo largo del rango de razón de corte estudiado, seguido del residuo de cerveza, amaranto, frijol y lupino. Para las muestras de frijol y lupino los valores no evidenciaron

diferencia estadística significativa ($P < 0,05$).

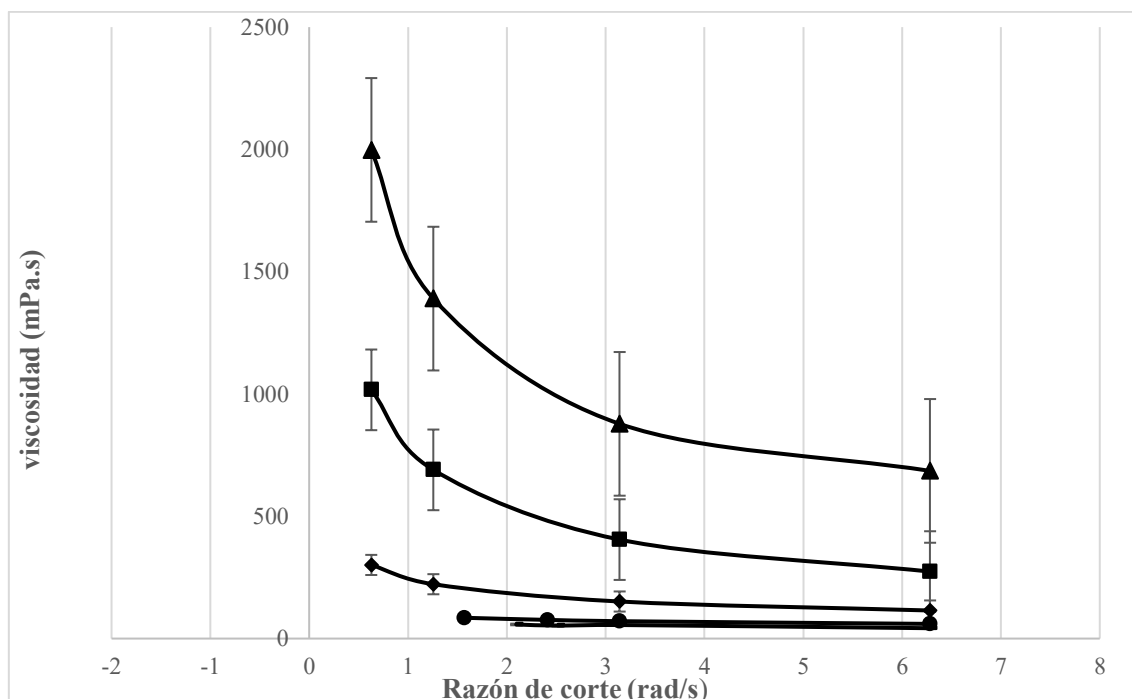


Figura 1. Viscosidad de la solución alcalina de extracción proteica de: ▲ quinoa, ■cerveza, ◆amaranto, ●frijol — lupino.

En fluidos newtonianos, la viscosidad es constante e independiente de la velocidad de corte, mientras que en fluidos no newtonianos, la viscosidad puede cambiar con la velocidad de corte. Los atributos reológicos como la viscosidad de corte, también llamada viscosidad dinámica (para fluidos) influyen en el procesamiento, la calidad, la vida útil y los atributos sensoriales de los alimentos, ya que define la resistencia de un fluido a fluir, y su control es crucial para asegurar la consistencia deseada, la estabilidad y la experiencia del consumidor (Kyriakopoulou et al., 2019 ; McClements y Grossmann, 2022). Por lo tanto, es importante comprender los factores que contribuyen a la reología de esta categoría de alimentos, ya que esto permite a los diseñadores y fabricantes de alimentos crear productos con los atributos reológicos requeridos para su aplicación prevista (McClements, 2023). De hecho, la necesidad de una mejor comprensión de esta área se destaca por el hecho de que muchos consumidores afirman que su poca aceptación de los alimentos se debe a sus atributos texturales y sensoriales indeseables (Tso, et al., 2021).

En la figura 2, se muestra las relaciones lineales entre el log viscosidad y log razón de corte con coeficientes de determinación R^2 cercanos a 1 para los 5 concentrados proteicos. Con estas relaciones lineales se pudo obtener ecuaciones con una confiabilidad del 99 % para los

concentrados de quinoa, residuo de cerveza, amaranto y frijol, y del 89% para el concentrado de lupino con una tendencia logarítmica.

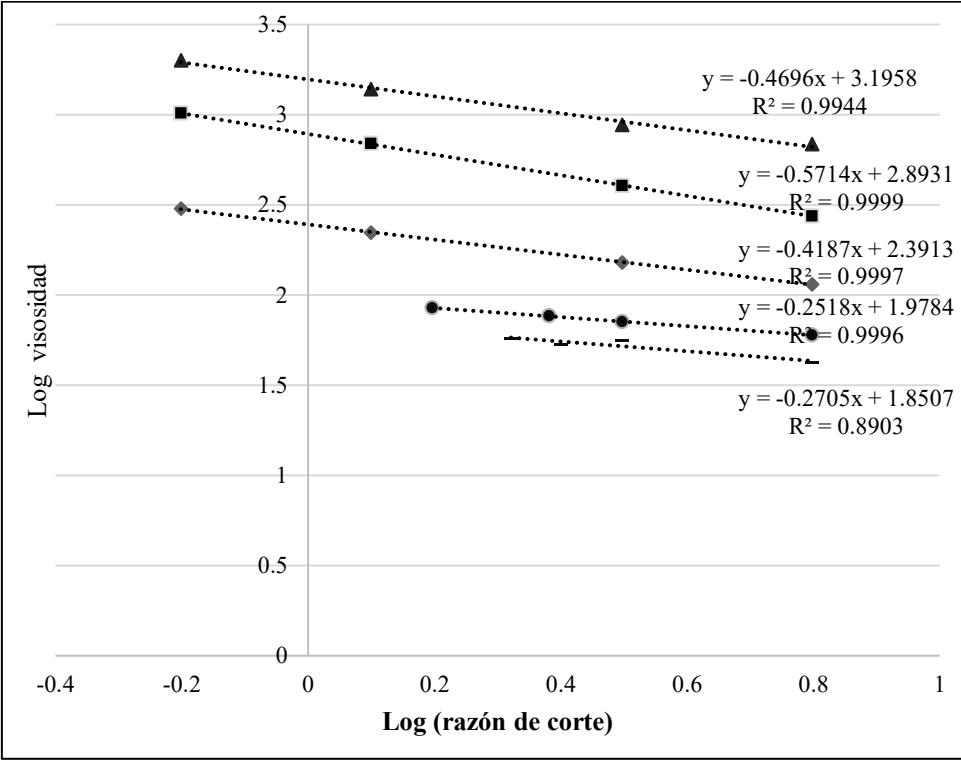


Figura 2. Log viscosidad va log (razón de corte) de la solución alcalina de extracción proteica de: ▲ quinoa, ■cerveza, ◆amaranto, ●frijol, — lupino.

En los resultados mostrados en la tabla 2, indican el índice de consistencia, representado por la letra "K", (mPa. s), el mismo que es un parámetro que describe la resistencia de un fluido no newtoniano a fluir. Esta se utiliza junto con el índice de comportamiento del flujo (n) para definir el comportamiento de fluidos, el cual nos muestra que cuando los valores de n son cercanos a 1 indican que el fluido se acerca a ser newtoniano, y cuando el valor n es menor q 1 indican que es un fluido pseudoplastico. K es la constante cruzada (o coeficiente de viscosidad cruzada), parámetro que describe cómo la viscosidad de un fluido no newtoniano varía con la velocidad de deformación o corte. No es una constante en el sentido estricto de la palabra, ya que su valor puede cambiar dependiendo de las condiciones de flujo (McClements, 2023).

Tabla 2. Índice de consistencia de soluciones alcalinas de extracción proteica de quinoa, cerveza, amaranto, frijol y lupino.

Material	$\log \mu = \log K + (n-1) \log (\text{razón de corte})$	K (mPa. s)	n
Quinoa	$\log \mu = 3,1958 - (0,4696) \log (\text{razón de corte})$	1569,63979	0,5304
Amaranto	$\log \mu = 2,3913 - (0,4187) \log (\text{razón de corte})$	246,20775	0,5813

Lupino	$\log \mu = 1,8507 - (0,2705) \log (\text{razón de corte})$	70,9087778	0,7295
Frijol	$\log \mu = 1,9784 - (0,2518) \log (\text{razón de corte})$	95,1480736	0,7482
Cerveza	$\log \mu = 2,8931 - (0,5714) \log (\text{razón de corte})$	781,807802	0,4286

n= Índice de comportamiento de flujo

K= Índice de consistencia (mPa. s)

El índice de comportamiento de flujo (n) obtenido para soluciones de proteína reportó un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento o comportamiento pseudoplástico ($n < 1$) para todas las soluciones independientemente de la fuente de proteína. En los resultados mostrados se observa que los concentrados proteicos de residuo de cerveza, quinoa y amaranto fueron los que evidenciaron los valores más bajos en n con 0,4286; 0,5304 y 0,5813 respectivamente en contraste con las muestras de frijol y lupino las mismas que presentaron valores más altos de n con 0,7482 y 0,7295 respectivamente mostrando que su comportamiento es de un fluido pseudoplástico no newtoniano debido a que la viscosidad varía cuando es sometida a la tensión de corte.

El valor de K expresa el esfuerzo necesario para que la solución fluya; por lo tanto, a mayor K, la solución es más viscosa o elástica, siendo un fluido pseudoplástico con un valor de K mayor que un fluido newtoniano (Chu et al., 2019).

K sigue siendo un indicador de la "espesura" del fluido, pero su valor por sí solo no describe completamente el comportamiento de flujo, ya que debe considerarse junto con n. Un valor alto de K generalmente indica un fluido más "espeso" (Krutof y Hawboldt, 2016; Suárez-Domínguez et al., 2015). K ayuda a pronosticar cómo se podrá comportar el fluido bajo diferentes tasas de corte (velocidad de movimiento de las capas del fluido) Martínez-Padilla y Laura, (2022).

Las variaciones de los parámetros reológicos entre las muestras estudiadas pueden deberse a la diferente concentración proteica de las soluciones de concentrados proteicos, lo que se traduce en mayores o menores interacciones electrostáticas y al entrelazamiento molecular entre proteínas (Quintero et al., 2022). El aumento de la densidad de las macromoléculas de proteína en la solución pudo favorecer las interacciones electrostáticas y el entrelazamiento molecular (Mu et al., 2019). Estas interacciones incrementan la resistencia al cizallamiento o movimiento de la solución, expresada en el aumento de la viscosidad y K, y disminuyeron los valores de n. Estos resultados son coherentes con los que informaron Mu et al. (2019) y Chu et al. (2019), quienes determinaron que, cuando se aumenta la cantidad de moléculas de proteína de soya en una solución, las macromoléculas están lo suficientemente próximas para entrelazarse (Mu et al., 2019; Chu et al., 2019). Así pues, únicamente un incremento en la concentración proteica de la

solución causará una reticulación macromolecular más significativa (Quintero et al., 2022). El comportamiento de estas proteínas al ser incluidas en formulaciones de matrices alimentarias complejas debe ser el foco de los estudios futuros (Quintero et al., 2022).

CONCLUSIONES

El contenido proteico fue mayor en los concentrados proteicos de lupino frijol y amaranto; los concentrados de quinoa y residuos de cerveza mostraron menor contenido proteico. Los resultados que se han obtenido a partir del análisis de viscosidad concluyen que las soluciones alcalinas de los concentrados proteicos de quinoa, amaranto, residuos de cerveza, frijol y el lupino se comportaron como fluidos pseudoplásticos no newtonianos. Estos resultados destacan cómo las diferentes fuentes proteicas tienen diferente comportamiento reológico. Estos resultados pueden ayudar en el desarrollo y diseño de nuevos alimentos.

REFERENCIAS

- Aceituno-Medina, M., Lopez-Rubio, A., Mendoza, S., & Lagaron, J. M. (2013). Development of novel ultrathin structures based in amaranth (*Amaranthus hypocho* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.11.009>
- Alemán Aguilera, R. B. (2022). Evaluación de harina de amaranto (*Amaranthus spp*) variedad INTA soberano, en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo octubre 2021 a junio 2022 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/4579/>
- Alexander, S. P., Christopoulos, A., Davenport, A. P., Kelly, E., Mathie, A., Peters, J. A., ... & Ward, D. T. (2021). The Concise Guide to Pharmacology 2021/22: G protein-coupled receptors. *British journal of pharmacology*, 178, S27-S156. <https://doi.org/10.1111/bph.15538>
- Alvarado Cedeño, A. A., & Macías García, R. A. (2024). Caracterización física, química, y funcional de un aislado proteico de subproductos de la cerveza. <https://repositorio.uileam.edu.ec/handle/123456789/6921>
- AOAC. 2023. (Association of Official Analytical Chemists). Method 2001.11 Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseed. In *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed., pp. 34–37). Gaithersburg: AOAC International. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Aparicio, A., Perea-Tajuelo, S., Salas-González, M. D., Bermejo, L. M., & González-Rodríguez, L. G. (2024). Estrategias dietéticas para la prevención de la enfermedad cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 41(SPE3), 3-7. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.05447>

- Balam, M. G., Guerrero, L. A. C., Ruelas, A. F. C., Ordóñez, Y. B. M., & Ancona, D. B. (2023). Extraction and characterization of proteins present in concentrates from quality protein maize (QPM). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 76-87. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9143652>
- Basantes-Morales, E., Alconada, M., & Pantoja, J. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) production in the Andean region: challenges and potentials. *Journal of Experimental Agriculture International*, 36(6), 1-18. <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v36i630251>
- Bazile, D., & Santivañez, T. (2014). Introducción al estado del arte de la quinua en el mundo. <https://agritrop.cirad.fr/572276/>
- Benavente-García G. O. (2012). Alimentos funcionales, antioxidantes en la salud, en la enfermedad y en la alimentación. *Sciences Extrated from Nature* 7:8-125. https://www.researchgate.net/publication/319879391_Polifenoles_y_capacidad_antioxi_dante_in_vitro_de_extractos_provenientes_de_los_frutos_de_Acacia_farnesiana?enrichId=rgreq-c0098a9a8e54bcf4455c295672589312-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxOTg3OTM5MTtBUzo1Mzk5NTMwODU2NTI5OTJAMTUwNTc0NjI1NTY2NA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Cadena, F. M. (2021). Análisis del impacto económico del cambio climático en cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa*), en la provincia de Chimborazo [Universidad Andina Simón Bolívar - Sede Ecuador]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8067/1/T3513-MCCNACadena-Analisis.pdf>
- Callisaya, A., Carlos, J., Alvarado, K., y Antonio, J. (2009). Aislados Proteínicos de granos altoandinos *Chenopodiaceas*; quinua “*Chenopodium Quinoa*”-Cañahua “*Chenopodium Pallidicaule*” por Precipitación Isoeléctrica. *Revista Boliviana de Química*, 26(1), 12-20. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S025054602009000100002&script=sci_arttext
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L. M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>.
- Castaño Gonzalez, M., & Riveros Hurtado, Y. (2022). Evaluación de una emulsión alimentaria tipo o/w estabilizada con concentrado proteico de amaranto (*Amaranthus Lividus*). <https://repositorio.unillanos.edu.co/entities/publication/94432601-523a-4783-bc75-e76d4a482cae>
- Chu, L., Yang, L., Li, J., Lin, L., & Zheng, G. (2019). Effect of *Smilax china* L. starch on the gel properties and interactions of calcium sulfate-induced soy protein isolate gel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 127-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.130>
- Collar, C. (2016). Quinoa. En B., Caballero, P. M., Finglas, F. Toldrà (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 573-579). Academic Press. <https://doi.org/10.1007/978-90-481->

- De La Cruz Torres, J. Y. (2024). Determinación de los componentes nutricionales de las semillas de *Cajanus cajan* (frijol de palo), producido en el valle de Ica. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/f677c3b6-c3e8-4ec8-ba70-40bed1592f7f>
- Demilta, M., & Tagliaferro, J. (2023). Desarrollo de una barra de cereal a partir de bagazo de cerveza. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/168685>
- Domínguez, R., Bermúdez, R., Pateiro, M., Lucas-González, R., & Lorenzo, J. M. (2023). Optimization and Characterization of Lupin Protein Isolate Obtained Using Alkaline Solubilization-Isoelectric Precipitation. *Foods*, 12(20), 3875. <https://doi.org/10.3390/foods12203875>
- Elsahaimy, S. A., Refaay, T. M., & Zaytoun, M. A. M. (2015). Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.007>
- Figueroa García, A. J. (2023). Optimización del proceso de extracción de proteínas de semillas de pajuro (*Erythrina edulis* Triana). <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/pdf/590001963.pdf>
- Fritz, M., Vecchi, B, Rinaldi, G, & Añón, M. (2011). Amaranth Seed Protein Hydrolysates Have in Vivo and in Vitro Antihypertensive Activity. . *Journal of Food Chemistry*, 126(3):87884. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.065>
- García López, A. A. (2024). Atol de Maíz Fortificado con Proteína de Aislado de Soya (Doctoral dissertation). <http://hdl.handle.net/123456789/1887>
- Ghribi, A. M., Sila, A., Przybylski, R., Nedjar-Arroume, N., Makhoul, I., Blecker, C., & Besbes, S. (2015). Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysate of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein concentrate. *Journal of functional foods*, 12, 516-525. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.011>
- Heinen, G. D. (2025). Obtención de fracciones ricas en carbohidratos no digeribles de la hez de malta (HM) de la industria cervecera. Caracterización desde el punto de vista de su composición y estudio de sus propiedades tecno y bio-funcionales. <https://hdl.handle.net/11185/7949>
- Heliodoro, J. C. A., Pivetta, M. R., Pereira, M. S., Zanutto, M. R., Novelli, P. K., Francisco, V. C. B., & Fleuri, L. F. (2018). Applications. *Food Control and Biosecurity*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811446-9/00004-6>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 1980 NTE INEN 465: Determinación de proteína bruta. S.I., s.e. 10 p. Consultado 06 de agosto. 2025. <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Jaimes, J. D. C., Restrepo, D., & Acevedo C, Diofanor. (2014). Preparation and determination of the functional properties of the trupillo proteic concentrated (Prosopis

- juliflora). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 144-152. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612014000100017&script=sci_abstract&tlng=en
- Johnson, S. K., Clements, J., Villarino, C. B. J., & Coorey, R. (2017). Lupins: Their unique nutritional and health-promoting attributes. In *Gluten-free ancient grains* (pp. 179-221). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100866-9.00008-X>
- Khalid, I. I., Elhardallou, S. B., & Gobouri, A. A. (2016). Amino acid composition and physicochemical properties of bitter lupine (*Lupinus termis*) seed flour. *Oriental Journal of Chemistry*, 32(6), 3175. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/320640>
- Krutof, A., & Hawboldt, K. (2016). Blends of pyrolysis oil, petroleum, and other bio-based fuels: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 406-419. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.304>
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., & van der Goot, A. J. (2019). Plant-based meat analogues. In *Sustainable meat production and processing* (pp. 103-126). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>
- Lardizabal, R., Arias, S., & Segura, R. (2013). Manual de producción de frijol. Honduras: USAID, FINTRAC. <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dicta.gob.hn/files/2012/manual-de-produccion-de-frijol,-G.pdf>
- Lujan, A. I. B. (2014). Influencia del pH en la extracción de aislado proteico de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de las variedades Blanca Junín y Rosada Junín. <https://repositorio.unajma.edu.pe/handle/20.500.14168/207>
- Martínez Roldan, C., y Carbajal Azcona, Á. (2012). Componentes bioactivos de los alimentos. *Manual Práctico de Nutrición Y Salud*, 31-36. chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.kelloggs.es/content/dam/europe/kelloggs_es/images/nutrition/PDF/Manual_Nutricion_Kelloggs_Capitulo_02.2.pdf
- Marrugo-Ligardo, Y. A., Montero-Castillo, P. M., & Duran-Lengua, M. (2016). Evaluación nutricional de concentrados proteicos de *Phaseolus lunatus* y *Vigna unguiculata*. *Información tecnológica*, 27(6), 107-114. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000600011>
- Mazón, N. V. C. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas. *la ciencia al servicio de la salud y nutrición*, 10(Ed. Esp.), 260-269. [265-99Z_Texto+del+articulo-727-1-10-20190725.pdf](https://doi.org/10.26599/265-99Z_Texto+del+articulo-727-1-10-20190725.pdf)
- McClements, D. J. (2023). Modeling the rheological properties of plant-based foods: Soft matter physics principles. *Sustainable Food Proteins*, 1(3), 101-132. <https://doi.org/10.1002/sfp2.1015>
- McClements, D. J., & Grossmann, L. (2022). Next-generation plant-based foods. *Next-generation plant-based foods*, 57(177), 198-207. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96764-2>

- Mederos, Y. (2006). Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos tropicales, 27(3), 55-62. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Mederos%2C+Y.+%282006%29.+Indicadores+de+la+calidad+en+el+grano+de+frijol+%28Phaseolus+vulgaris+L.+%29.+Cultivos+tropicales%2C+27%283%29%2C+55-62.&btnG=
- Mendonça, S., Saldiva, P. H., Cruz, R. J., & Arêas, J. A. (2009). Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. Food Chemistry, 116(3), 738-742. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.021>
- Martinez-Padilla, Laura Patricia. (2022). Tratamiento de datos de alimentos fluidos para la determinación experimental de viscosidad. Educación química, 33(3), 21-32. Epub 14 de abril de 2023. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81406>
- Moliner Galbis, D. (2023). Evaluación de estrategias de conservación para productos marinos con proteína de origen vegetal (Doctoral dissertation, Agronomica). <https://oa.upm.es/77000/>
- Mu, B., Xu, H., Li, W., Xu, L., & Yang, Y. (2019). Spinnability and rheological properties of globular soy protein solution. Food Hydrocolloids, 90, 443-451. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.049>
- Mufari, J. R. (2015). Aislado Proteico. In F. Grasso (Ed.), Aprovechamiento integral del grano de Quinoa. Aspectos tecnológicos, fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales. (primera). Argentina. <http://hdl.handle.net/11086/1846>
- Mussatto, S., Dragone, G., Fernandes, M., Rocha, G., & Roberto, I. (2006). Efecto de los tratamientos de hidrólisis ácida e hidrólisis alcalina en la estructura del bagazo de malta para liberación de fibras de celulosa. XXII Interamerican Confederation of Chemical Engineering. V. Asociación Argentina de Ingenieros Químicos. Resumen en extenso, 357. https://www.researchgate.net/publication/271471784_Efecto_de_los_tratamientos_de_hidrolisis_acida_y_hidrolisis_alcalina_en_la_estructura_del_bagazo_de_malta_para_liberacion_de_fibras_de_celulosa?enrichId=rgreq-edd3e439876d362b18ff213ed3fabe93-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzI3MTQ3MTc4NDtBUzoXOTA1NDM4OTgxNzc1NDNAMTQyMjQ0MDYxMzk3Ng%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf
- Oyola, L. M. (2018). Optimización de la extracción de proteína de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Utilizando la metodología de superficie de respuesta. Facultad de industrias alimentarias, 31(3.5.1). <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3710>
- OMS Organización mundial de la salud www.fao.org/fileadmin/pulses2016/docs/factsheets/HealthSPPRINT.pdf
- Peiretti PG, Gaia F, Tassoneb S (2013) Fatty acid profile and nutritive value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds and plants at different growth stages. Anim Feed Sci Tech 183:56–61. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.04.012>
- Quelal, M., Nazate, K., Villacrés, E., & Cuarán, J. (2019). Obtención y caracterización de un hidrolizado proteico de quinua *Chenopodium quinoa* Willd. Enfoque UTE, 10(2), 79-89.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n2.424>

- Quezada, V. S. (2023). Enriquecimiento con aislado proteico y hierro biodisponible de una bebida a base de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) extruido variedad Bayo Madero. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/10297>
- Quintero, J., Torres, J. D., Corrales-Garcia, L. L., Ciro, G., Delgado, E., & Rojas, J. (2022). Effect of the concentration, pH, and Ca²⁺ ions on the rheological properties of concentrate proteins from quinoa, lentil, and black bean. *Foods*, 11(19), 3116. <https://doi.org/10.3390/foods11193116>
- Reglero, G. (2011). Nuevos alimentos, alimentos funcionales y nutracéuticos. Nutrición, salud y alimentos funcionales. Sección de cardiología preventiva y rehabilitación, Sociedad española de cardiología, publicación oficial; Cap1. pp: 5,6,7. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hfQMXBliydgC&oi=fnd&pg=PA257&dq=Reglero,+G.+\(2011\).+Nuevos+alimentos,+alimentos+funcionales+y+nutrac%C3%A9uticos.+Nutrici%C3%B3n,+salud+y+alimentos+funcionales.+Secci%C3%B3n+de+cardiolog%C3%ADa+preventiva+y+rehabilitaci%C3%B3n,+Sociedad+espa%C3%B1ola+de+cardiolog%C3%ADa,+publicaci%C3%B3n+oficial%3B+Cap1.+pp:+5,6,7.&ots=Z4aAuMhUD&sig=PO8k8t_WhUUI1wZXOTbv_1VNgd0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hfQMXBliydgC&oi=fnd&pg=PA257&dq=Reglero,+G.+(2011).+Nuevos+alimentos,+alimentos+funcionales+y+nutrac%C3%A9uticos.+Nutrici%C3%B3n,+salud+y+alimentos+funcionales.+Secci%C3%B3n+de+cardiolog%C3%ADa+preventiva+y+rehabilitaci%C3%B3n,+Sociedad+espa%C3%B1ola+de+cardiolog%C3%ADa,+publicaci%C3%B3n+oficial%3B+Cap1.+pp:+5,6,7.&ots=Z4aAuMhUD&sig=PO8k8t_WhUUI1wZXOTbv_1VNgd0#v=onepage&q&f=false)
- Roa-Acosta, D., González-Callejas, C., & Calderón-Yonda, Y. (2017). seguimiento de la molienda abrasiva del grano de amaranto para la obtención de dos fracciones con potencial industrial. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y 62 Agroindustrial*, 15(SPE), [https://doi.org/10.18684/BSAA\(EdiciónEspecial\)59-66](https://doi.org/10.18684/BSAA(EdiciónEspecial)59-66)
- Salcedo, S., Santivañez, T., Bazile, D., Bareto, D., & Nieto, C. (2014). Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013. Santiago de Chile y CRIAD (Montpellier, Francia), 274.
- Singh, Dr & Punia, Darshan. (2020). Characterization and Nutritive Values of Amaranth Seeds. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 27-33. <https://doi.org/10.9734/cjast/2020/v39i330511>
- Steffolani, M. E., Villacorta, P., Morales-Soriano, E. R., Repo-Carrasco, R., León, A. E., y Pérez, G. T. (2016). Physicochemical and functional characterization of protein isolated from different quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Cereal Chemistry*, 93(3), 275-281. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-15-0083-R>
- Stone, A. K., Karalash, A., Tyler, R. T., Warkentin, T. D., & Nickerson, M. T. (2015). Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food research international*, 76, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.017>
- Suárez-Domínguez, Edgardo-Jonathan, Manuel-Rivera, Rigoberto, coronel-Santillán, Allan-Uriel, Palacio-Pérez, Arturo, & Izquierdo-Kulich, Elena. (2015). Estudio de coeficientes reológicos de un crudo extrapesado mezclado con un biorreductor de viscosidad. *Ingeniería Mecánica*, 18(2), 87-92. Recuperado en 03 de agosto de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442015000200002&lng=es&tlng=es.

- Tapia, I., Taco, D., y Taco, V. (2016). Aislamiento de proteínas de quinua ecuatoriana (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad INIAP Tunkahuan con remoción de compuestos fenólicos, para uso potencial en la nutrición y salud humanas. Rev Fac Cien Med, 41(1), 71-80. http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?id_revista=203
- Toapanta, Mayra. (2016). Caracterización de Aislados proteicos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y su Digestibilidad gástrica y duodenal (*in vitro*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/22858>
- Trino, R. D., Grados Torrez, R. E., Gutierrez Duran, M. D. P., Mamani Mayta, D. D., Pérez Gonzales, J., Magariños Loredó, W., ... & Gonzales Dávalos, E. (2017). Evaluación del aporte nutricional del amaranto (*amaranthus caudatus linnaeus*), quinua (*chenopodium quinoa willd*) y tarwi (*lupinus mutabilis sweet*) en el desayuno. Revista Con-Ciencia, 5(2), 15-28. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2310-02652017000200003&script=sci_arttext
- Tso, R., Lim, AJ, y Forde, CG (2021). Una evaluación crítica de la evidencia que respalda las motivaciones del consumidor hacia las proteínas alternativas. Foods, 10 (1), 24. <https://doi.org/10.3390/foods10010024>.
- Ugwuona, F. U., & Suwaba, S. (2013). Effects of defatted jack bean flour and jack bean protein concentrate on physicochemical and sensory properties of bread. Nigerian Food Journal, 31(2), 25-32. [https://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30073-4v](https://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30073-4v)
- Valentine I. Kefeli., Maria V. K., Bruno B. (2013). Phenolic cycle in plants and environment. Journal of Cell and Molecular Biology 2:13-18. Halic University, printed in Turkey. chromextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sentry.rmu.edu/SentryHTML/research/17871.pdf
- Valcárcel-Yamani, B., & Lannes, S. C. d. S. (2012). Applications of Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) and Amaranth (*Amaranthus Spp.*) and Their Influence in the Nutritional Value of Cereal Based Foods. Food and Public Health, 2(6), 265-275 <https://doi:10.5923/j.fph.20120206.12>
- Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Morales-Franco, L., & Bello-Pérez, L. A. (2006). Digestibilidad del almidón en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Interciencia, 31(12), 881-884. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001200010
- Varzakas, T., Zakyntinos, G., & Verpoort, F. (2016). Plant Food Residues as a Source of Nutraceuticals and Functional <https://doi.org/10.3390/foods5040088>
- Vázquez-Frías, R., Icaza-Chávez, M. E., Ruiz-Castillo, M. A., Amieva-Balmori, M., Argüello-Arévalo, G. A., Carmona-Sánchez, R. I., ... & Sánchez-Ramírez, C. A. (2020). Posición técnica de la Asociación Mexicana de Gastroenterología sobre las bebidas vegetales a base de soya. Revista de gastroenterología de México, 85(4), 461-471. <https://doi.org/10.1016/j.rgmx.2020.07.005>
- Vieira, E., Rocha, M. A. M., Coelho, E., Pinho, O., Saraiva, J. A., Ferreira, I. M., & Coimbra, M. A. (2014). Valuation of brewer's spent grain using a fully recyclable integrated process

for extraction of proteins and arabinoxylans. *Industrial Crops and Products*, 52, 136-143.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.012>

Yang, J., Zamani, S., Liang, L., & Chen, L. (2021). Extraction methods significantly impact pea protein composition, structure and gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 117, 106678.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106678>

Zhang, X., Shi, J., Fu, Y., Zhang, T., Jiang, L., & Sui, X. (2023). Structural, nutritional, and functional properties of amaranth protein and its application in the food industry: A review. *Sustainable Food Proteins*, 1(1), 45-55. <https://doi.org/10.1002/sfp2.1002>