Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho

Línea de investigación
Salud pública y conservación del medio ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

BACH. KEYSI KAREN PAUCAR NAVARRO

Ica – Perú

2026

DEDICATORIA

A Dios, mi guía y fortaleza, por iluminar mi camino y darme la fuerza para superar cada desafío.

A mi mamá, la Licenciada en Ciencias de la Educación Marina Navarro Escriba, por su amor, sacrificio y constante apoyo, siendo mi mayor inspiración.

A mis hermanos, Dayiro Paucar Navarro y Yordan Paucar Landeo, ingeniero mecánico electricista, por su compañía y respaldo permanente.

A mi Chiquitina, la perrita que siempre amaré y llevaré en mi corazón toda la vida; gracias por acompañarme varios años en vida, siempre estarás en mi memoria, mi hermoso angelito. Asimismo, a mi Sury, Peluche, Mushu, Cleo, Pocho y Negro, por ser un rayo de luz y alegría en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, Dra. Rosario Flor de María Ramos Gamarra, por su orientación durante el desarrollo del trabajo.

A mi amiga Valia Moquillaza Lopez, por su apoyo sincero, paciencia y acompañamiento constante durante el proceso de revisión de esta tesis, así como por su amistad y motivación, que fueron fundamentales para lograr la culminación de la presente tesis.

A los docentes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, quienes no solo compartieron sus conocimientos, sino también su pasión por nuestra profesión, enseñándome la importancia y la trascendencia del Químico Farmacéutico.

Finalmente, a mis compañeros y amigos, quienes fueron un soporte esencial en este trayecto académico, compartiendo retos, aprendizajes y alegrías.

ÍNDICE

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

ÍNDICE iv

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

I) INTRODUCCIÓN 11

II) ESTRATEGIA METODOLÓGICA 17

2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación. 17

2.1.1. Tipo de investigación 17

2.1.2. Nivel de investigación 17

2.1.3. Diseño de la investigación 17

2.2 Población y muestra 17

2.2.1. Población vegetal: 17

2.2.2. Muestra vegetal: 17

2.2.3. Muestreo: 17

2.3 Lugar de investigación 18

2.4 Hipótesis 18

2.4.1. Hipótesis general 18

2.4.2. Hipótesis específicas 18

2.5 Operacionalización de Variables 19

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 19

2.6.1. Obtención y traslado de las semillas de *Lupinus mutabilis* (Tarwi) 20

2.6.2. Tratamiento a las semillas 20

2.6.3. Obtención de polvo o harina de tarwi amarga 20

2.6.4. Tratamiento para obtener polvo o harina desamargada de tarwi 21

2.6.5. Determinación de las características organolépticas de las harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) amargas y desamargadas 22
2.6.6. Análisis químico bromatológico proximal 22
2.6.7. Obtención de extracto etanólico de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) 37
2.6.8. Determinación de las características organolépticas del extracto etanólico de *Lupinus mutabilis* (Tarwi) 40
2.6.9. Determinación del contenido de Fenoles totales 40
2.6.10. Determinación de la actividad antioxidante 43
2.7 Procesamiento y análisis de los datos 51
2.8 Aspectos éticos 52
III) RESULTADOS 53
3.1. Rendimiento de las harinas de tarwi 53
3.2. Análisis organoléptico de las harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) amargas y desamargadas 53
3.3. Análisis químico bromatológico proximal de las harinas de tarwi. 54
3.4. Rendimiento de los extractos etanólicos de las harinas de tarwi 54
3.5. Análisis organoléptico de los extractos etanólicos 55
3.6. Determinación del contenido de fenoles totales en extractos etanólicos 55
3.7. Determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH 58
3.8. Comparación con literatura científica 61
IV) DISCUSIÓN 63
V) CONCLUSIONES 66
VI) RECOMENDACIONES 67
VII) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68
VIII) ANEXOS. 71
Anexo 1. Matriz de consistencia 71
Anexo 2. Imágenes de mi especie vegetal 72
Anexo 3. Fotografías del procedimiento realizado 73
Anexo 4. Certificación Botánica de mi especie vegetal 76
Anexo 5. Base de datos de los resultados experimentales 77

Anexo 6. Instrumentos y ficha de recolección de datos 78

Anexo 7. Resolución decanal 79

Anexo 8. Permiso del laboratorio 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables para la determinación de la composición químico-bromatológica, fenoles totales y actividad antioxidante de *Lupinus mutabilis* (tarwi)……19

Tabla 2. Detalles para la obtención de la curva de calibración entre el reactivo Folin Ciocalteu versus las soluciones diluidas de ácido gálico…….. 41

Tabla 3. Esquema de trabajo para determinar la actividad antioxidante de la muestra analizada y expresar el resultado como % de actividad antioxidante…….. 46

Tabla 4. Esquema de trabajo para la determinación de la actividad antioxidante frente al radical DPPH equivalente a ácido gálico…….. 51

Tabla 5. Rendimiento de las harinas de tarwi amarga y desamargada……..……..53

Tabla 6. Análisis organoléptico de las harinas amargas y desamargadas obtenidas a partir de semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) provenientes de la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho..... 53

Tabla 7. Análisis químico bromatológico proximal de las harinas de semillas de tarwi desamargada y harinas de semillas de tarwi amarga…..……..54

Tabla 8. Rendimiento de los extractos etanólicos de las harinas de tarwi amarga y desamargada…….54

Tabla 9. Características organolépticas de los extractos etanólicos de semillas de *Lupinus mutabilis* amargas y desamargadas…….....55

Tabla 10. Absorbancias de las soluciones estándar de ácido gálico y extractos etanólicos analizados después de la reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteu…….....56

Tabla 11. Determinación de la concentración de fenoles totales mediante la ecuación de la recta.…….....58

Tabla 12. Absorbancias de las soluciones estándar de ácido gálico y los extractos etanólicos de las muestras……... 59

Tabla 13. Actividad antioxidante de los extractos etanólicos de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*), expresados como porcentaje de inhibición al radical DPPH y contenido equivalente de ácido gálico…….. 61

Tabla 14. Comparación de la actividad antioxidante (DPPH) y del contenido de fenoles totales en semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) desamargadas obtenidas en la presente investigación con valores reportados en la literatura científica internacional……62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de calibración de las reacciones de soluciones estándar de ácido gálico versus el reactivo de Folin-Ciocalteu……..……..57

Figura 2. Curva de calibración de las reacciones de soluciones estándar de ácido gálico versus el reactivo DPPH……...……...60

RESUMEN

Título: Componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho

Objetivo: Realizar el análisis químico-bromatológico y determinar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante de las harinas de semillas secas amargas y desamargadas de *Lupinus mutabilis* (tarwi).

Métodos: Los pasos comprendieron la recolección, selección, secado, tratamiento para desamargar las semillas, obtención de harina de semillas sin y con tratamiento, análisis químico-bromatológico proximal, obtención de extractos etanólicos, y la determinación cuantitativa de sus compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

Resultados: El rendimiento de obtención de harina de tarwi desamargada fue de 81.40%, mientras que para la harina amarga fue de 94.1%. El análisis químico-bromatológico proximal para las harinas desamargada y amarga, respectivamente, indica: humedad 8.02% y 7.66%; cenizas 2.11% y 3.32%; fibras 4.92% y 7.03%; grasas 26.02% y 18.84%; proteínas 36.64% y 42.62%; y carbohidratos 22.29% y 20.53%. El rendimiento del extracto etanólico libre de solvente fue de 17.11% y 13.45%. El contenido de fenoles totales fue de 41.02 y 250.81 mg EAG/100 mL para las muestras desamargada y amarga, respectivamente. La actividad antioxidante (DPPH) de los extractos al 10.0%, expresada como porcentaje de inhibición, fue de 14.38% y 34.45%, equivalentes a una actividad de 3.97 y 12.25 mg de ácido gálico/100 mL para las muestras desamargada y amarga, respectivamente.

Conclusiones: El consumo de harina desamargada de esta leguminosa, gracias a sus componentes químicos y nutricionales, constituye una alternativa beneficiosa y segura para la salud humana.

Palabras Claves: *Lupinus mutabilis*, composición químico-bromatológica, fenoles totales, actividad antioxidante, tarwi.

ABSTRACT

Title: Nutritional components of dried *Lupinus mutabilis* (tarwi) seeds produced in the province of Páucar del Sara Sara Ayacucho

Objective: To perform the chemical-bromatological analysis and determine the total phenol content and antioxidant activity of flours from bitter and debittered dry seeds of *Lupinus mutabilis* (tarwi).

Methods: The steps comprised harvesting, selection, drying, debittering treatment of the seeds, obtaining seed flour with and without treatment, proximal chemical-bromatological analysis, obtaining ethanolic extracts, and the quantitative determination of their phenolic compounds and antioxidant activity.

Results: The yield of debittered tarwi flour was 81.40%, while for the bitter flour it was 94.1%. The proximal chemical-bromatological analysis for debittered and bitter flours, respectively, indicates: moisture 8.02% and 7.66%; ash 2.11% and 3.32%; fiber 4.92% and 7.03%; fat 26.02% and 18.84%; protein 36.64% and 42.62%; and carbohydrates 22.29% and 20.53%. The yield of the solvent-free ethanolic extract was 17.11% and 13.45%. The total phenol content was 41.02 and 250.81 mg GAE/100 mL for the debittered and bitter samples, respectively. The antioxidant activity (DPPH) of the extracts at 10.0%, expressed as inhibition percentage, was 14.38% and 34.45%, equivalent to an activity of 3.97 and 12.25 mg of gallic acid/100 mL for the debittered and bitter samples, respectively.

Conclusions: The consumption of debittered flour from this legume, due to its chemical and nutritional components, constitutes a beneficial and safe alternative for human health.

Keywords: *Lupinus mutabilis*, chemical-bromatological composition, total phenols, antioxidant activity, tarwi

I) INTRODUCCIÓN

Dentro de los recursos vegetales utilizados en la alimentación animal, las leguminosas silvestres ocupan un lugar importante debido a su amplia disponibilidad y valor nutritivo. Estas especies se distribuyen en distintos ecosistemas tropicales del Perú, nación reconocida internacionalmente por su elevada biodiversidad. En términos de alimentación para el ganado, estas especies aportan un valor nutritivo importante debido a su contenido de proteínas, que oscila entre 14 y 28 %, junto con niveles relativamente bajos de fibra, menores al 40 %, lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad, obteniendo incrementos en los rendimientos productivos de carne y leche hasta de un 50% o más.[1]

Las leguminosas de cultivo tradicional destinadas al consumo humano han sido aprovechadas principalmente por sus semillas y explotadas a gran escala. Desde épocas ancestrales, muchas de estas especies han constituido componentes fundamentales de la alimentación a nivel mundial, entre ellas se encuentran la lenteja (*Lens culinaris*), el garbanzo (*Cicer arietinum*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la soya o soja (*Glycine max*), el haba (*Vicia faba*) y el frijol lima (*Phaseolus lunatus*), así como otras especies ampliamente reconocidas por su elevado valor nutricional.

Aunque presentan características nutricionales favorables, ciertas leguminosas contienen compuestos naturales con efectos antinutricionales como: flavonoides, alcaloides, aminoácidos no proteicos y proteínas no comunes, los que muchas veces se encuentran en las hojas, vainas y semillas; conocidos también como anti nutrientes.[2]

En diversas regiones del país se consume una leguminosa silvestre conocida como tarwi. Los estudios de carácter químico-bromatológico señalan que esta especie posee un valor alimenticio significativo.

No obstante, la semilla, que constituye la parte comestible, contiene compuestos químicos con características antinutricionales, lo que obliga a los consumidores a eliminarlos antes de su uso en la alimentación. Para ello, se han desarrollado diversos procesos orientados a la reducción de los componentes tóxicos presentes en las semillas de tarwi. Sin embargo, dichos tratamientos pueden generar modificaciones en las características químico-bromatológicas del grano. Esta situación dio origen al desarrollo del presente estudio, con la finalidad de aportar información que contribuya al aprovechamiento de esta especie vegetal como una fuente calórica y nutricional de interés.

Entre las especies andinas de interés alimentario destaca el tarwi, conocido científicamente como *Lupinus mutabilis*, una leguminosa anual originaria de los Andes centrales que, pese a su potencial nutricional, ha recibido limitada atención en relación

con su cultivo, difusión, investigación y consumo tanto a nivel local como nacional.

Esta especie se caracteriza por su elevado valor nutritivo, ya que sus semillas secas presentan un contenido aproximado de 42.2 % de proteína y alrededor de 20 % de aceite. Debido a que se adapta a suelos altos y fríos, se cultiva en altitudes de entre 2000 y 4000 metros sobre el nivel del mar, los alcaloides de las semillas pueden ser utilizados para el control de parásitos intestinales en ovinos, es una leguminosa con la capacidad para fijar nitrógeno en el suelo haciéndolo apto para otros cultivos y se utilice como abono verde, se produce y consume a nivel nacional.[3]

El objetivo del presente estudio es desarrollar un método de desamargado de las semillas orientado a la remoción de los alcaloides tóxicos para la salud y a la obtención de polvo o harina, con la finalidad de determinar sus componentes bromatológicos y nutricionales, tales como los fenoles totales y la actividad antioxidante, en semillas amargas y desamargadas. Algunos trabajos de investigación sobre *Lupinus mutabilis* con objetivos de dejar información para el aprovechamiento de las semillas de tarwi han sido desarrollados por los autores siguientes:

Córdova et al.[4] en el año 2020, en Lima, Perú, se evaluó el efecto del proceso de desamargado sobre la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos totales en tres genotipos de lupino andino (Altagracia, Andenes y Yunguyo). Las muestras fueron previamente desengrasadas y el contenido de fenoles totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante se evaluó empleando los métodos DPPH y $ABTS^{+}$.

Los resultados evidenciaron que el desamargado afecta de manera significativa el contenido de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante, ocasionando una disminución de ambos parámetros. Las muestras de lupino amargo (muestra control) tuvieron más cantidad de fenoles que las muestras procesadas, lo mismo ocurrió para la capacidad antioxidante.

El contenido de fenoles totales estuvo entre 0.64 – 1.10 y 0.75 – 1.33 mg EAG/g base seca, para muestras sin desengrasar y desengrasadas, respectivamente La capacidad antioxidante por DPPH de muestras procesadas varió entre 2.87 – 4.10 y 3.12 – 4.73 µmol Trolox/g b.s., en muestras sin desengrasar y desengrasadas, respectivamente.

Mediante una revisión bibliográfica Arellano A.[5] en 2022, en la ciudad de Ambato de Ecuador, presentó una revisión bibliográfica en la que se señala que *Lupinus mutabilis* es una especie cuya calidad nutricional y biológica está influenciada por diversos factores, entre ellos la zona geográfica, la variedad y las condiciones a las que se somete el grano.

De igual manera, se reporta que puede alcanzar contenidos proteicos de hasta 44.3 %, superando a la soya y al frejol, y que posee todos los aminoácidos esenciales. Además, presenta un contenido de lípidos considerado aceptable, con predominio de ácidos grasos insaturados, principalmente omega 3, 6 y 9. Presenta un contenido de carbohidratos de 32.9 %, así como un elevado aporte de fibra, principalmente localizada en la cáscara, cuya relevancia se asocia a su efecto saciante y a su contribución en el control de la obesidad y el estreñimiento.

Del mismo modo, el grano contiene cantidades apreciables de minerales como calcio (Ca), potasio (K), hierro (Fe) y magnesio (Mg). A su vez, se ha reportado la presencia de diversos compuestos bioactivos, entre ellos Fenoles totales, fitoesteroles, tocoferoles, carotenoides y alcaloides.

Quispe et al.[6] durante el 2021, en Puno en Perú, señalaron que a nivel nacional se registran elevados índices de desnutrición y anemia infantil, frente a lo cual el tarwi se presenta como una leguminosa de alto valor nutricional, con un contenido proteico que oscila entre 40 y 44 %, capaz de contribuir a la mejora del estado nutricional de la población. En este contexto, plantearon un estudio con el objetivo de cuantificar los Fenoles totales y determinar la capacidad antioxidante del tarwi (*Lupinus mutabilis*), así como describir los factores asociados a su consumo. Para ello, propusieron el empleo de granos desamargados y harina de tarwi; la determinación de Fenoles totales se realizaría mediante el método de Folin-Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante se evaluaría utilizando los métodos del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) y del radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) (ABTS).

Respecto al aprovechamiento de especies andinas, Guapi J.[7] en el año 2014, en Riobamba en Ecuador, presentó un estudio destinado a revalorizar y aprovechar las cualidades nutritivas de cuatro especies andinas: quinua, chocho, amaranto y sangorache. El objetivo fue determinar la composición bromatológica y fitoquímica de hojas y granos de cuatro variedades de quinua, tres de chocho, dos de amaranto y sangorache. Para ello, se realizaron análisis bromatológicos proximales, cuantificación de alcaloides en chocho mediante titulación y determinación de saponinas en la quinua. Los resultados evidenciaron que en el chocho el porcentaje de cenizas fue mayor en las hojas que en los granos, y que los granos de chocho presentaron un contenido elevado de alcaloides. Se concluyó que las hojas de las cuatro especies poseen características nutricionales relevantes, aportando evidencia sobre su valor para la alimentación y el desarrollo de productos derivados.

Más recientemente, Torres N.[8] para el año 2023, en Ayacucho en Perú, desarrolló un estudio para la revalorización de los metabolitos secundarios presentes en extractos hidroalcohólicos de la quinua y el tarwi a fin de aprovecharlos como bio insecticidas contra *Brevicoryne brassicae* "pulgón de la col", depositados en caja de Petri. Evaluó concentraciones de 2, 5, 8, 11 y 15 g/L con un tiempo de exposición de 6 horas. Se determinó una mortalidad de 70 y 92 para los pulgones para concentraciones de extracto hidroalcohólico de quinua 11 y 15 g/, respectivamente; mientras que para el extracto hidroalcohólico de tarwi la mortalidad fue de 95 y 96 % para concentraciones de 11 y 15 g/L respectivamente. concluyendo el posible uso de estos extractos como bio insecticidas.

En un estudio de caracterización nutricional, Carpio W.[9] en 2023**,** en Ica en Perú, realizó la determinación químico-bromatológica de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) procedentes de la provincia de Aymaraes, Apurímac, con el objetivo de identificar sus principales componentes nutricionales. Para ello, las semillas fueron recolectadas, seleccionadas y secadas, seguido de la evaluación del rendimiento y de análisis físicos y químicos. Los resultados evidenciaron un contenido de humedad promedio entre 35.13 y 35.14 %, cenizas entre 1.24 y 1.28 %, proteínas de 18.69 a 18.88 % y grasas en un rango bajo de 0.81 a 0.84 %. Asimismo, se determinó un alto contenido de carbohidratos totales (52.13 a 52.15 %) y fibra (47.9 a 48.7 %), además de fracciones estructurales como celulosa (23.5 a 24.4 %), hemicelulosa (13.7 a 14.8 %) y lignina (11.4 a 11.9 %). En cuanto a minerales, el tarwi presentó concentraciones de hierro entre 80.0 y 81.0 ppm y calcio entre 17.0 y 18.0 ppm. El autor concluye que el consumo de esta leguminosa constituye una fuente nutricional importante y equilibrada para la dieta humana, destacando su bajo contenido de grasas, lo que la convierte en un alimento saludable y necesario.

Iscarra A.[10] en el año 2023, en Puno en Perú, señala que el tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) constituye una alternativa nutricional importante frente a problemas como la desnutrición infantil, la anemia y la malnutrición en mujeres en edad reproductiva, debido a su elevado contenido de proteínas, aceite y otros compuestos de valor nutricional. El autor desarrolló una investigación en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el distrito de Platería, provincia y departamento de Puno, durante la campaña agrícola 2020–2021, con el objetivo de evaluar las características agronómicas, morfológicas y físico-químicas de diez genotipos de tarwi. Para ello, se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con diez tratamientos y cuatro repeticiones, realizándose análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre

genotipos, destacando el genotipo Andenes 80 por su alto contenido de proteína (48.60 %), así como los genotipos Patón Grande y G-5 por presentar mayores valores de aceite (21.50 %). De igual manera, se observaron variaciones en características morfológicas como altura de planta, número de vainas y diámetro de tallo, lo que demuestra la diversidad genética del tarwi y su potencial como recurso alimentario de alto valor nutricional.

Por otro lado, Carhuallanqui et al.[11] durante el 2022, en Huancayo en Perú, señala que el tarwi es una fuente importante de nutrientes, ya que aporta proteínas de bajo costo y su cultivo resulta amigable con el medio ambiente. El autor plantea como objetivo la obtención de un producto nutritivo y con alta aceptabilidad en comunidades campesinas de la provincia de Jauja. Para ello, los granos fueron sometidos a un proceso de desamargado, deshidratación a 60 °C durante 6 horas, adición de sal en concentraciones de 3.5 %, 4.5 % y 5.5 %, y posterior tostado a 100–105 °C, para finalmente ser envasados al vacío en bolsas de polietileno. Los resultados evidenciaron que los granos tratados con 4.5 % de sal, deshidratados a 60 °C y tostados a 105 °C presentaron el mayor contenido nutricional, alcanzando un 56.5 % de proteína, además de un adecuado perfil sensorial.

En Juliaca, Perú, Tintaya E.[12] en el 2017, determinó las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (*Lupinus tomentosus*). El estudio tuvo como objetivo caracterizar dichas propiedades en granos desamargados. Se desamargó el tarwi mediante el método Cuzco, se elaboró la harina y se evaluaron análisis físicos (solubilidad, absorción de agua, granulometría), químicos y nutricionales (humedad, grasa, fibra, ceniza, carbohidratos y proteína), además de la aceptabilidad con un panel de 10 personas. Los resultados mostraron que el rendimiento en materia seca fue de 60.1–67.03 %, la solubilidad de 67.56–80.20 %, absorción de agua de 2.789–3.168 %, humedad de 2.73–8.017 %, grasa de 24.21–24.74 %, fibra de 8.53–9.91 %, ceniza de 1.383–1.92 %, carbohidratos de 3.772–9.164 % y proteína de 54.03–57.06 %. Estos hallazgos evidencian que la harina de tarwi conserva un alto valor nutricional, siendo útil para la elaboración de harinas amargas y desamargadas.

Finalmente, Meneses O. y Burbano M.[13] en el 2025, en Tulcán en Ecuador, realizaron una revisión bibliográfica con el objetivo de analizar el potencial nutricional, funcional y tecnológico de cultivos andinos como *Lupinus mutabilis* y *Amaranthus* spp. El estudio recopiló y comparó información científica reciente sobre la composición proximal, compuestos bioactivos y efectos del procesamiento en ambos cultivos. Los resultados evidenciaron que el tarwi presenta un contenido proteico entre 41 % y 53 %, hasta 17 % de grasa y más del 10 % de fibra, mientras que el amaranto contiene entre 13 % y 17 % de proteína, 6 % a 8 % de grasa, hasta 10 % de fibra y aproximadamente 180 mg de

Fenoles totales por cada 100 g. Por consiguiente, se reportó que procesos como el desamargado (debittering) pueden reducir hasta en 52.9 % la capacidad antioxidante del tarwi, mientras que la germinación incrementa esta propiedad en el amaranto. Finalmente, los autores señalan que la incorporación de harinas de estos cultivos en productos de panadería y extrusión mejora el contenido de proteína y fibra entre 10 % y 50 %, incrementando la textura y la aceptabilidad sensorial hasta en un 80 %, lo que respalda su potencial como alimentos funcionales de alto valor nutricional.

La realización del presente estudio responde a la necesidad de evaluar los componentes nutricionales en harinas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) amargas (no reciben tratamiento) versus harina sin amargor, ambas producidas con semillas de tarwi que crecen en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho, lo cual es de gran importancia porque el producto obtenido tiene una composición químico-bromatológica que lo señala como una gran alternativa en la alimentación, por su aporte nutritivo, energético y funcional de fácil acceso a la población.[14,15]

Trabajo que tuvo como objetivo general realizar el análisis químico bromatológico de las harinas de semillas secas amargas y desamargadas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), que crecen en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho.

El informe final se encuentra estructurado en ocho capítulos que presentan de forma secuencial el desarrollo de la investigación realizada. El Capítulo I corresponde a la introducción, en la cual se aborda el contexto general, los antecedentes y el propósito del estudio relacionado con las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi). En el Capítulo II se expone la estrategia metodológica, comprendiendo el tipo, nivel y diseño de investigación, así como la población y muestra, el lugar de estudio, las hipótesis, la operacionalización de variables, las técnicas e instrumentos empleados y los procedimientos experimentales, incluyendo el procesamiento de datos y los aspectos éticos considerados. El Capítulo III presenta los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental, mientras que en el Capítulo IV se analiza y discute dichos resultados y también la relación con la literatura científica existente. El Capítulo V reúne las conclusiones derivadas del estudio y el Capítulo VI contiene las recomendaciones correspondientes. Posteriormente, el Capítulo VII incluye las referencias bibliográficas consultadas y finalmente el Capítulo VIII incorpora los anexos que complementan la información presentada en la investigación.

II) ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Tipo, nivel y diseño de investigación.

2.1.1. Tipo de investigación

Aplicada, debido a que utiliza conocimientos de la ciencia bromatológica y análisis químico-cuantitativos para determinar las propiedades nutricionales, contenido de fenoles y actividad antioxidante de las harinas de las semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi).[16,17]

2.1.2. Nivel de investigación

Explicativo, ya que no se limita a describir las propiedades de la muestra, sino que busca establecer y explicar la relación causa-efecto entre los tratamientos aplicados (como el proceso de desamargado) y los cambios resultantes en su composición química, contenido fenólico y actividad antioxidante.[16,17]

2.1.3. Diseño de la investigación

Experimental, dado que se manipularon deliberadamente variables independientes (como los tratamientos de desamargado) para analizar su efecto sobre las variables dependientes (composición bromatológica y actividad antioxidante), controlando rigurosamente las condiciones experimentales en el laboratorio.[16,17]

2.2 Población y muestra

2.2.1. Población vegetal:

La población en estudio es la especie *Lupinus mutabilis* (Tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho. La certificación del nombre de la especie vegetal estudiada la realizo el Biólogo David Máximo Miranda Huamán, profesor de Botánica Sistemática de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

2.2.2. Muestra vegetal:

La muestra estuvo conformada por 3 kg de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) provenientes de la población en estudio. Para fines experimentales y de estandarización del proceso de desamargado y determinación de rendimientos, se utilizaron alícuotas (muestras representativas) de 100 g de semillas limpias para cada tratamiento. Esta cantidad de 3 kg totales fue considerada suficiente para realizar todas las determinaciones bromatológicas, la obtención de los extractos etanólicos y las repeticiones experimentales por triplicado, garantizando la disponibilidad de material durante todo el desarrollo del trabajo experimental.[18,19]

2.2.3. Muestreo:

- **Criterios de inclusión:** Semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) sanas, enteras, sin perforaciones, de coloración uniforme, libres de hongos y sin evidencia de daño físico o biológico.[19]
- **Criterios de exclusión:** Se descartaron semillas con fracturas o roturas, presencia de hongos, daños ocasionados por plagas, así como aquellas que presentaron cambios evidentes en la coloración (tonos amarillo opaco, manchas marrones, grisáceas o verdosas), por considerarse no aptas para el análisis bromatológico.[19]

2.3 Lugar de investigación

Investigación realizada en la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, haciendo uso del espacio del laboratorio de Farmacognosia y Farmacobotanica.

2.4 Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H1: Los componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producidas en la provincia de Páucar del Sara Sara, Ayacucho, lo califican como un alimento con alto valor nutricional y energético.

H0: Los componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producidas en la provincia de Páucar del Sara Sara, Ayacucho, no lo califican como un alimento con alto valor nutricional y energético.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. El proceso experimental para la obtención de harina desamargada y amarga de *Lupinus mutabilis* (tarwi) permite alcanzar un rendimiento estimado superior al 80 %, registrando en su análisis químico-bromatológico valores próximos a: humedad 7-9 %, cenizas 2-4 %, grasa 18-27 %, fibra 4-8 %, proteínas totales 35-45 % y carbohidratos entre 20-23 %.
2. El contenido de fenoles totales en las harinas de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) presenta valores que oscilan entre 40 y 260 mg EAG/100 mL, dependiendo del tratamiento de desamargado.
3. La actividad antioxidante de las harinas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), expresada como % de inhibición al radical libre DPPH, se encuentra en un rango de 14 % a 35 %, según el tratamiento aplicado.

2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables para la determinación de la composición químico-bromatológica, fenoles totales y actividad antioxidante de *Lupinus mutabilis* (tarwi).

Variable independiente		
Tratamiento de desamargado aplicado a semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) provenientes de la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho (harinas amargas y harinas desamargadas).		
Variable dependiente	**Indicador**	**Índice**
Composición químico bromatológica de las harinas desamargadas y amargas de las semillas secas de tarwi	Humedad	%
	Cenizas	%
	Grasas	%
	Fibras	%
	Proteínas (Nitrogeno total x 6.25)	%
	Carbohidratos	%
Fenoles totales en extracto etanólico de harinas	Reacción frente al reactivo de Folin Ciocalteu	mg FT(EAG)/100 mL
Actividad antioxidante en extracto etanólico de harinas	Reacción frente al reactivo de DPPH	%

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos utilizada en el presente estudio fue la experimentación en laboratorio, a través del análisis bromatológico proximal y de métodos espectrofotométricos (Folin–Ciocalteu y DPPH) para la determinación de fenoles totales y actividad antioxidante.[14,15] Además, se realizó la evaluación organoléptica con la finalidad de describir las características sensoriales de las harinas y extractos obtenidos. Estas técnicas permitieron obtener información objetiva, medible y confiable para el desarrollo de la investigación.

- **Instrumentos**

  Los instrumentos utilizados durante el desarrollo del estudio fueron: balanza analítica, estufa, mufla, equipo de digestión-destilación Kjeldahl, equipo de destilación, equipo Soxhlet, espectrofotómetro UV-Visible, refrigeradora, cocinilla eléctrica, desecador y molinos (manual y eléctrico). Asimismo, se empleó papel indicador de pH y material de vidrio de laboratorio, incluyendo

fiolas de 50 y 100 mL, matraces Erlenmeyer, vasos de precipitados, pipetas, probetas, tubos de ensayo, crisoles y cristalizadores.

2.6.1. Obtención y traslado de las semillas de *Lupinus mutabilis* (Tarwi)

Para la obtención de las semillas los procesos son:

Las vainas en las plantas son de color verde y cuando las semillas ya están para la cosecha las vainas se tornan de color amarillo, alcanzado este estado las plantas se arrancan del suelo y se dejan secar, al cabo de 3 semanas las plantas secas son trasladadas para la trilla de las vainas lo que se hace golpeando las plantas contra un tronco y se produce la ruptura de las vainas secas y el desprendimiento de las semillas. La recolección de las semillas es manual. Alrededor de 3 Kg de semillas se colocan en una bolsa de papel e inmediatamente vía terrestre se inicia el viaje para trasladarlo al laboratorio de Farmacognosia y Farmacobotanica de la facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga.

2.6.2. Tratamiento a las semillas

- **1ª Selección.** Las semillas fueron evaluadas organolépticamente, descartándose aquellas que presentaron signos de deterioro
- **2ª, Limpieza y secado**. Las semillas se limpiaron mediante frotación con un paño blanco humedecido con agua destilada. Posteriormente, se colocaron sobre un tamiz y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24 horas. El material fue removido cada 2 horas con la finalidad de asegurar una ventilación uniforme y favorecer el secado homogéneo.
- **3ª Conservación.** El material secado a temperatura ambiente fue almacenado en un frasco de vidrio de boca ancha, procurando ocupar la mayor parte del volumen del recipiente. Posteriormente, el frasco fue herméticamente cerrado, cubierto con papel de aluminio para evitar la exposición a la luz, rotulado y finalmente colocado en un anaquel para su conservación.

2.6.3. Obtención de polvo o harina de tarwi amarga

Para esta etapa, se tomó una alícuota de 100 g de semillas limpias, las cuales fueron sometidas a secado en estufa a 50 °C durante 12 horas. Finalizado este proceso, se procedió inmediatamente a la molienda, primero mediante un molino manual y posteriormente con un molino eléctrico. Concluida la molienda, el polvo (harina) de tarwi fue almacenado en un frasco de vidrio de boca ancha y color ámbar para su posterior análisis. El rendimiento del proceso se determinó mediante desarrollo del cálculo de rendimiento obteniendo:

- Datos experimentales:

- Peso inicial de las semillas (g) = 100.0 g
- Peso de la harina amarga obtenida (g) = 94.10g

- Reemplazando en la fórmula:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{\text{Peso de la harina obtenida (g)}}{\text{Peso inicial de las semillas (g)}} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = \left(\frac{94.1\ \text{g}}{100.0\ \text{g}} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 0.941 \times 100$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = 94.10\%$$

2.6.4. Tratamiento para obtener polvo o harina desamargada de tarwi

Para esta etapa del estudio, se tomó una alícuota de 100 g de semillas previamente limpias, las cuales fueron colocadas en un recipiente de acero inoxidable, añadiendo 500 mL de agua potable (proporción 1:5) y dejándolas en maceración durante 20 horas. Transcurrido este tiempo, la mezcla fue filtrada y el filtrado se descartó. Posteriormente, las semillas fueron sometidas a ebullición en 500 mL de agua potable durante 4 horas; finalizado este proceso, se realizó una nueva filtración descartándose el líquido obtenido.

A continuación, las semillas fueron retornadas al recipiente, se adicionaron 500 mL de agua potable y ácido cítrico en cantidad suficiente para ajustar el pH del sistema entre 4.0 y 4.5. La mezcla se mantuvo en reposo durante 24 horas, con agitación ocasional. Este procedimiento se repitió tres veces. Seguidamente, las semillas fueron lavadas con abundante agua potable hasta obtener reacción negativa a acidez y verificar la ausencia de sabor amargo. Finalmente, las semillas desamargadas se secaron en estufa y se molieron para la obtención de la harina, la cual se almacenó en un frasco de boca ancha de color ámbar.[20]

El rendimiento del proceso se determinó mediante desarrollo del cálculo de rendimiento obteniendo:

- Datos experimentales:

- Peso inicial de las semillas (g) = 100.0 g
- Peso de la harina desamargada obtenida (g) = 81.40 g

- Reemplazando en la fórmula:

$$\text{Rendimiento}\ (\%) = \left(\frac{\text{Peso de la harina obtenida}\ (\text{g})}{\text{Peso inicial de las semillas}\ (\text{g})}\right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento}\ (\%) = \left(\frac{81.40\ \text{g}}{100.0\ \text{g}}\right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento}\ (\%) = 0.8140 \times 100$$

$$\text{Rendimiento}\ (\%) = 81.40\%$$

2.6.5. Determinación de las características organolépticas de las harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) amargas y desamargadas

Para esta parte del trabajo se tomaron las muestras de harina de tarwi previamente conservadas en sus respectivos frascos.

Posteriormente en una cápsula de porcelana se depositaron entre 2 y 2.5 g del material a analizar. Con ayuda de una espátula pequeña se homogenizó la muestra y se dejó en reposo durante aproximadamente 5 minutos. Mediante el uso de los órganos de los sentidos se evaluaron las características organolépticas siguientes:

Color: Se realizo la observación y registro del color de la muestra.

Olor: La cápsula utilizada para la evaluación se acercó a las fosas nasales y, mediante venteo palmar, se procedió a percibir y evaluar el olor característico de la muestra.

Sabor: Luego con una espátula pequeña se tomó una pequeña cantidad de muestra, la cual se colocó sobre la lengua para evaluar el sabor.

Aspecto: Finalmente, con ayuda de los dedos índice y pulgar se tomó una pequeña cantidad de muestra para evaluar el aspecto general de la harina.

2.6.6. Análisis químico bromatológico proximal

En esta etapa experimental, se trabajó con las muestras que estaban conservadas en sus respectivos frascos. Se realizaron las determinaciones siguientes.

A) Determinación de la Humedad

1°. Principio.

El contenido de humedad corresponde al agua presente en el alimento. Su determinación es útil porque el agua puede afectar la estabilidad del producto y condicionar distintos procesos de elaboración y

transformación, como la molienda o la preparación de mezclas alimenticias.[21]

2° Método.

Método gravimétrico

3°Fundamento

La determinación de humedad se realizó mediante secado en estufa, procedimiento que consiste en eliminar el agua presente en la muestra por acción del calor y cuantificarla a partir de la variación de masa registrada antes y después del secado. El contenido de agua se calcula por método gravimétrico, comparando el peso inicial con el peso obtenido tras alcanzar masa constante. Durante el calentamiento se produce principalmente la evaporación del agua, aunque pequeñas cantidades de compuestos volátiles pueden contribuir a la pérdida total de peso. Este procedimiento es ampliamente utilizado en análisis bromatológico para la estimación del contenido de humedad.

4° Procedimiento.

Se utiliza una balanza analítica para pesar 2.0 g de muestra, los cuales son transferidos a cápsulas de porcelana (previamente taradas y secadas para obtener su masa constante M). Continuando con el proceso, se registra el peso de la cápsula más la muestra húmeda, el cual corresponde al peso inicial M2. Seguidamente, las cápsulas se introducen en la estufa a 105 °C durante 3 horas. Posteriormente, se trasladan a un desecador para enfriarlas a temperatura ambiente y evitar la reabsorción de humedad atmosférica. Se procede al pesaje de la muestra seca (M1) en balanza analítica. Luego, las cápsulas se reintroducen a la estufa por periodos de 1 hora adicional, enfriando y pesando sucesivamente hasta alcanzar peso constante (diferencia entre pesadas ≤ 0.001 g).

5° Cálculos

El contenido de humedad (Hg) se determina mediante la siguiente relación gravimétrica:

$$Hg = \frac{\mathrm{M2 - M1}}{\mathrm{M2 - M}} \times 100$$

Por tanto:

Hg = Porcentaje de humedad

M_2 = Peso de la cápsula de porcelana + la muestra antes del secado (muestra húmeda) (g)

M_1 = Peso de la cápsula de porcelana + la muestra después del secado (muestra seca hasta peso constante) (g)

M = Peso de la cápsula de porcelana vacía (g)

100 = Coeficiente numérico para expresar el resultado en porcentaje

- **Aplicación de formula: % de humedad en harina desamargadas**

  M (Peso de la cápsula vacía): 25.000

  M2 (Peso cápsula + muestra húmeda): 27.000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)**.**

  M1(Peso cápsula + muestra seca final): 26.8396 g

  Sustituyendo los valores:

$$Hg = \frac{M2-M1}{M2-M} \text{ x } 100$$

  Diferencia de pesos (agua perdida): 27.000 - 26.8396 = 0.1604

  Masa de la muestra inicial: 27.000 - 25.000 = 2.000

  Cálculo:

$$Hg = \left(\frac{0.1604}{2.000}\right) \times 100$$

$$Hg = 0.0802 \times 100$$

$$Hg = 8.02\%$$

- **Aplicación de formula: % de humedad en harina amargas**

  M (Peso de la cápsula vacía): 25.000

  M2 (Peso cápsula + muestra húmeda): 27.000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g).

  M1 (Peso cápsula + muestra seca final): 26.8468 g

  Sustituyendo los valores:

$$Hg = \frac{M2-M1}{M2-M} \text{ x } 100$$

  Diferencia de pesos (agua perdida): 27.000 - 26.8468 = 0.1532

  Masa de la muestra inicial: 27.000 - 25.000 = 2.000

Cálculo:

$$Hg = \left(\frac{0.1532}{2.000}\right) \times 100$$

$$Hg = 0.0766 \times 100$$

$$Hg = 7.66\%$$

B) Determinación de las cenizas totales

1° Principio.

La determinación de cenizas permite estimar el contenido total de materia mineral presente en la muestra tras la eliminación de los componentes orgánicos mediante calcinación controlada. Este parámetro es fundamental para evaluar la calidad nutricional y detectar posibles alteraciones o adulteraciones en la muestra.

2° Método

Método de calcinación.

3°Fundamento

El método consiste en someter la muestra a temperaturas elevadas (560 °C) para provocar la combustión total de la fracción orgánica. El residuo inorgánico remanente, constituido principalmente por óxidos y sales minerales estables al calor, es cuantificado para determinar el contenido de cenizas.

4°Procedimiento

Se utilizan tres crisoles de porcelana previamente tarados (secados en mufla hasta peso constante, M_C). Se pesan exactamente entre 2.0 g y 2.5 g de muestra en balanza analítica dentro de los crisoles, registrando este valor inicial de crisol más muestra como M_i.

- **Carbonización previa:** Los crisoles se exponen al calor directo mediante un mechero de gas, bajo campana extractora, hasta que la muestra se carboniza completamente y cesa la emisión de humos. Este paso es fundamental para evitar la pérdida de muestra por deflagración al ingresar a la mufla.
- **Calcinación:** Los crisoles se trasladan a la mufla y se exponen a 560 °C durante 2 horas.

- **Enfriamiento y pesaje:** Transcurrido el tiempo, los crisoles se trasladan a un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente para evitar la reabsorción de humedad atmosférica. Se procede al pesaje del crisol con cenizas, registrando este valor final como M_f.
- **Peso constante:** Se repite el ciclo de calcinación (en periodos de 1 hora adicional), enfriamiento y pesaje hasta que la diferencia entre las dos últimas pesadas sea ≤ 0.001 g, asegurando así la estabilidad del peso final, M_f.

5°Cálculos

Para expresar los resultados en % de ceniza se emplea la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{M_f - M_c}{M_i - M_c} \right) \times 100$$

Por ende:

% Cenizas: Contenido de materia mineral en la muestra húmeda.

M_c: Masa del crisol vacío (g).

M_i: Masa del crisol con muestra inicial (g).

M_f: Masa del crisol con ceniza final (g).

100: Factor de conversión a porcentaje.

- Aplicación de formula: % Cenizas en harina desamargadas

Mc (Masa del crisol vacío): 20.0000 g

Mi (Masa crisol + muestra inicial): 22.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g).

Mf (Masa crisol + ceniza final): 20.0422 g

Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Cenizas} = \left(\frac{M_f - M_c}{M_i - M_c} \right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de cenizas): 20.0422 - 20.0000 = 0.0422 g

Masa de la muestra inicial: 22.0000 - 20.0000 = 2.000 g

Cálculo:

$$\%\text{Cenizas} = \left(\frac{0.0422}{2.000}\right) \times 100$$

$$\%\text{Cenizas} = 0.0211 \times 100$$

$$\%\text{Cenizas} = 2.11\%$$

- **Aplicación de formula: % Cenizas en harina amargas**

Mc (Masa del crisol vacío): 20.0000 g
Mi (Masa crisol + muestra inicial): 22.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)
Mf (Masa crisol + ceniza final): 20.0664 g
Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Cenizas} = \left(\frac{M_f - M_c}{M_i - M_c}\right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de cenizas): 20.0664 - 20.0000 = 0.0664 g
Masa de la muestra inicial: 22.0000 - 20.0000 = 2.000 g
Cálculo:

$$\%\text{Cenizas} = \left(\frac{0.0664}{2.000}\right) \times 100$$

$$\%\text{Cenizas} = 0.0332 \times 100$$

$$\%\text{Cenizas} = 3.32\%$$

C) Determinación de grasa

1° principio.

Las grasas constituyen una fracción importante de los alimentos debido a su aporte energético y a su participación en diversos procesos biológicos. En el análisis bromatológico, los lípidos comprenden compuestos capaces de disolverse en solventes orgánicos y cuya determinación permite estimar el contenido energético total del alimento. Además, estos componentes intervienen en funciones estructurales y metabólicas del organismo, por lo que su cuantificación resulta necesaria para evaluar la composición nutricional de la muestra analizada.

2° Método

Método Soxhlet (Extracción continúa empleando el aparato de Soxhlet)

3° Fundamento

El método se fundamenta en la extracción por solventes orgánicos (mezcla hexano-éter etílico 1:1). La muestra analítica se coloca en un cartucho de papel filtro dentro de la cámara de extracción del equipo Soxhlet. El solvente se calienta, se volatiliza, se condensa y percola a través de la muestra, arrastrando las grasas hacia el balón de destilación. La extracción finaliza cuando el solvente que retorna al balón es incoloro, indicando el agotamiento de la muestra. Finalmente, el solvente se elimina por destilación y evaporación hasta obtener un peso constante de la grasa residual.

4° Reactivos:

- Hexano
- Éter etílico

5° Procedimiento

Se utiliza un balón de destilación previamente tarado (secado en estufa hasta peso constante, Pv). Se pesan exactamente 2.0000 g de muestra en balanza analítica, registrando este valor de masa inicial como Pm.

- **Montaje:** Se introduce la muestra en un cartucho de papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Se acoplan el balón de destilación (previamente tarado) y el refrigerante, sujetándolos con pinzas.
- **Extracción:** Se adiciona la mezcla hexano-éter etílico (1:1) por la parte superior hasta alcanzar el sifonado del equipo. Se inicia el calentamiento en el plato calefactor durante 2 horas, completando 12 ciclos de sifonado.
- **Recuperación:** Finalizada la extracción, se destila el solvente. El residuo graso contenido en el balón se transfiere a una estufa a 40 - 45 °C para la eliminación total de vapores remanentes.
- **Peso constante:** Se repite el ciclo de secado, enfriamiento en desecador y pesaje del balón de destilación con la grasa hasta que la diferencia entre las dos últimas pesadas sea ≤ 0.001 g, asegurando así la estabilidad del peso final, Pg.

6º Cálculos

Se determina mediante la relación siguiente:

$$\%\text{Grasa} = \left(\frac{P_g - P_v}{P_m}\right) \times 100$$

Donde:

Pg: Peso final del balón de destilación + grasa (g).

Pv: Peso del balón de destilación vacío y seco (g).

Pm: Peso de la muestra analítica inicial (2.0000 g).

100: Factor de conversión a porcentaje.

- **Aplicación de fórmula: % Grasa en harina desamargada**

Pm(Masa de la muestra desengrasada): 2.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)

Pv (Peso del vaso de precipitados vacío y seco): 50.0000 g

Pg (Peso final: vaso de precipitados + grasa): 50.5204 g

Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Grasa} = \left(\frac{P_g - P_v}{P_m} \right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de grasa extraída):

50.5204 g - 50.0000g = 0.5204 g

Cálculo:

$$\%\text{Grasa} = \left(\frac{0.5204}{2.0000} \right) \times 100$$

$$\%\text{Grasa} = 0.2602 \times 100$$

$$\%\text{Grasa} = 26.02\%$$

- **Aplicación de fórmula: % Grasa en harina amarga**

Pm (Masa de la muestra desengrasada): 2.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)

Pv (Peso del vaso de precipitados vacío y seco): 50.0000 g

Pg (Peso final: vaso de precipitados + grasa): 50.3768 g

Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Grasa} = \left(\frac{P_g - P_v}{P_m} \right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de grasa extraída):

50.3768 g - 50.0000 g = 0.3768 g.

Cálculo:

$$\%\text{Grasa} = \left(\frac{0.3768}{2.0000}\right) \times 100$$

$$\%\text{Grasa} = 0.1884 \times 100$$

$$\%\text{Grasa} = 18.84\%$$

D) Determinación de fibra cruda.

1°. Principio

Las fibras crudas corresponden a componentes estructurales de origen vegetal que no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado humano y que pueden experimentar fermentación parcial o total en el intestino grueso. Estos compuestos incluyen principalmente polisacáridos estructurales, oligosacáridos, lignina y sustancias análogas presentes en los alimentos de origen vegetal como legumbres, cereales integrales, frutas y verduras. Desde el punto de vista nutricional, se distinguen fracciones solubles e insolubles: la fibra soluble presenta capacidad de dispersarse en agua y se asocia con la regulación de procesos metabólicos, mientras que la fibra insoluble contribuye principalmente al tránsito intestinal al aumentar el volumen del residuo digestivo. La determinación del contenido de fibra permite valorar el aporte funcional de la muestra dentro del análisis bromatológico.

2° Método

Método de Weende (Disgregación ácido-base).

3° Fundamento

El método se basa en la solubilización y eliminación de los componentes digeribles del material (proteínas, azúcares, almidones y lípidos) mediante una hidrólisis ácida y una alcalina de forma secuencial. La fracción insoluble restante constituye la fibra cruda.

4° Procedimiento

Se utilizan filtros de papel previamente tarados (secados en estufa a 105 °C hasta peso constante, Pp). Se pesan exactamente 2.0000 g de harina desengrasada de *Lupinus mutabilis* en balanza analítica, registrando este valor de masa inicial como Pm.

- **Disgregación ácida:** Se deposita la muestra en un vaso de precipitados de 600 mL con 200 mL de solución de ácido sulfúrico al 1.25%. Se lleva a ebullición durante 30 minutos, cuidando que el volumen sea

constante. Luego se filtra, el líquido ácido se desecha y el residuo se lava con agua destilada hasta reacción negativa a acidez, controlándose con papel tornasol azul.

- **Disgregación alcalina:** El residuo se coloca en el vaso de precipitados con 200 mL de solución de hidróxido de sodio al 1.25%. Se lleva a ebullición durante 30 minutos. Luego se filtra, el líquido alcalino se desecha y el residuo se lava hasta reacción negativa a alcalinidad, controlándose con papel tornasol rojo.
- **Lavado final:** Lavar el residuo sobre el mismo filtro con 20 mL de alcohol etílico y seguidamente con 20 mL de éter etílico. Esto ayuda a eliminar restos de lípidos y pigmentos, facilitando el secado posterior.
- **Secado y pesaje:** Transferir el papel filtro con el residuo a una estufa a 90-105 °C hasta lograr la evaporación de la humedad y solventes residuales. Transcurrido un tiempo inicial de secado (aproximadamente 1 hora), retirar la muestra y colocarla en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Una vez frío, se procede al pesaje del papel filtro con el residuo, registrando este valor final como Pf.
- **Peso constante:** Con el fin de asegurar la estabilidad de la masa, se repite el ciclo de secado (en periodos de 1 hora adicional), enfriamiento en desecador hasta temperatura ambiente y pesaje, hasta que la diferencia entre dos pesadas sucesivas sea ≤ 0.001 g. El último valor registrado al cumplir esta condición se establece como el peso final, Pf.

5° Resultados

El residuo obtenido tras la disgregación ácido-base, lavado con alcohol y éter etílico, se seca en estufa a 90-105°C hasta alcanzar peso constante. La cuantificación de la fibra cruda se determina mediante gravimetría, utilizando la siguiente fórmula:

$$\%\text{Fibra} = \left(\frac{P_f - P_p}{P_m} \right) \times 100$$

Donde:

Pm: Peso de la muestra desengrasada (g).

Pp: Peso del papel filtro vacío y seco (g).

Pf: Peso final: papel filtro + fibra seca (g)

100: Factor de conversión a porcentaje

– **Aplicación de fórmula: %Fibra Cruda en harina desamargada**

Pm (Peso de la muestra desengrasada): 2.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)

Pp (Peso del papel filtro vacío y seco): 0.5000 g

Pf (Peso final: papel filtro + fibra seca): 0.5984 g

Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Fibra} = \left(\frac{P_f - P_p}{P_m} \right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de fibra): 0.5984 g - 0.5000 g = 0.0984 g

Masa de la muestra inicial: 2.0000 g

Cálculo:

$$\%\text{Fibra} = \left(\frac{0.0984}{2.0000} \right) \times 100$$

$$\%\text{Fibra} = 0.0492 \times 100$$

$$\%\text{Fibra} = 4.92\%$$

- **Aplicación de fórmula: % Fibra Cruda en harina amarga**

Pm (Peso de la muestra desengrasada): 2.0000 g (Se utilizó una masa de muestra constante de 2.0000 g)

Pp (Peso del papel filtro vacío y seco): 0.5000 g

Pf (Peso final: papel filtro + fibra seca): 0.6406 g

Sustituyendo los valores:

$$\%\text{Fibra} = \left(\frac{P_f - P_p}{P_m} \right) \times 100$$

Diferencia de pesos (masa de fibra): 0.6406 g - 0.5000 g = 0.1406 g

Cálculo:

$$\%\text{Fibra} = \left(\frac{0.1406}{2.0000} \right) \times 100$$

$$\%\text{Fibra} = 0.0703 \times 100$$

$$\%\text{Fibra} = 7.03\%$$

E) Determinación de proteínas totales

1° Principio.

Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas de aminoácidos que cumplen funciones estructurales y metabólicas esenciales en los

sistemas biológicos. En el análisis bromatológico, el contenido proteico se estima a partir de la determinación del nitrógeno total presente en la muestra, el cual se relaciona directamente con la cantidad de proteínas. Este parámetro permite evaluar el valor nutricional del alimento como fuente de macronutrientes.

2° Método

Método de Kjeldahl (Determinación de nitrógeno total).

3º Fundamento:

El método se basa en la transformación del nitrógeno orgánico en sulfato de amonio mediante digestión ácida (ácido sulfúrico caliente y catalizadores). Posteriormente, se alcaliniza la mezcla para liberar amoníaco por destilación, el cual es recogido en una solución de ácido sulfúrico estandarizado. Finalmente, el exceso de ácido se determina mediante titulación por retroceso con una solución valorada de hidróxido de sodio.

4º Procedimiento

Se realiza en tres pasos, que son:

Se pesan exactamente 2.0000 g de muestra desengrasada en balanza analítica (P_m), registrando el valor para los cálculos posteriores.

- **Digestión**: Se deposita la muestra en un balón Kjeldahl de 250 mL. Se adicionan 10 g de sulfato de potasio, 1 g de sulfato de cobre y 25 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se calienta cuidadosamente evitando la formación de espuma, aumentando la temperatura hasta ebullición, manteniendo el proceso hasta que la solución alcance un color verde esmeralda translúcido, indicando la mineralización completa.
- **Destilación:** El producto de la digestión se trasvasa cuantitativamente al equipo de destilación con 40 mL de agua destilada. Se adicionan 40 mL de hidróxido de sodio al 40% y 3 mL de glicerol como antiespumante. El extremo del condensador se sumerge en un matraz receptor que contiene un volumen conocido (n_1) de H_2SO_4 0.1 N (N_1) y gotas de indicador rojo de metilo. Se destila hasta asegurar la recuperación total del amoníaco.
- **Titulación:** El exceso de ácido en el matraz receptor se titula con una solución valorada de NaOH (N_2) 0.1 N hasta el viraje del indicador a color amarillo claro, registrando el volumen gastado (n_2).

5º Resultados

Para la obtención de los resultados se utiliza la expresión siguiente:

$$\%N = \frac{[(n_1 \times N_1) - (n_2 \times N_2)] \times 0.014}{P_m} \times 100$$

N_1 = Normalidad del H_2SO_4 (0.1N).

N_2 = Normalidad del NaOH (0.1N).

n_1 = Cantidad del H_2SO_4 utilizado en la recepción (mL).

n_2 = Cantidad del NaOH gastado en la titulación (mL).

0.014: Peso miliequivalente del nitrógeno.

P_m: Peso de la muestra analítica (2.0000 g).

6º Conversión a Proteínas.

La cantidad de proteínas totales se calcula multiplicando el porcentaje de nitrógeno obtenido por el factor de conversión general (F = 6.25):

$$\%\text{Proteínas} = \%N \times 6.25$$

- **Aplicación de fórmula: % Proteínas en harina desamargada**

Pm (Peso de la muestra analítica): 2.0000 g

N_1: Normalidad del H_2SO_4: 0.1 N

N_2: Normalidad del NaOH: 0.1 N

n_1 (Volumen de H2SO4): 50.0 mL

n_2 (Volumen de NaOH gastado): 38.29 mL

Sustituyendo los valores en la fórmula de nitrógeno:

$$\%N = \frac{[(n_1 \times N_1) - (n_2 \times N_2)] \times 0.014}{P_m} \times 100$$

$$\%N = \frac{[(50.0 \times 0.1) - (38.29 \times 0.1)] \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{[5.0 - 3.829] \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{1.171 \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{0.016394}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = 5.8624\%$$

Cálculo de Proteínas:

$$\%\text{Proteínas} = \%N \times 6.25$$

$$\%\text{Proteínas} = 5.8624 \times 6.25 = 36.64\%$$

- **Aplicación de fórmula: % Proteínas en harina amarga**

  Pm (Peso de la muestra analítica): 2.0000 g

  N_1: Normalidad del H_2SO_4: 0.1 N

  N_2: Normalidad del NaOH: 0.1 N

  n_1 (Volumen de H2SO4): 50.0 mL

  n_2 (Volumen de NaOH gastado): 36.38 mL

  Sustituyendo los valores en la fórmula de nitrógeno:

$$\%N = \frac{[(n_1 \times N_1) - (n_2 \times N_2)] \times 0.014}{P_m} \times 100$$

$$\%N = \frac{[(50.0 \times 0.1) - (36.38 \times 0.1)] \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{[5.0 - 3.638] \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{1.362 \times 0.014}{2.0000} \times 100$$

$$\%N = \frac{0.019068}{2.0000} \times 100 = 6.8192\%$$

Cálculo de Proteínas:

$$\%\text{Proteínas} = \%N \times 6.25$$

$$\%\text{Proteínas} = 6.8192 \times 6.25 = 42.62\%$$

F) Determinación de carbohidratos

1° Principio

Los carbohidratos en productos alimenticios se determinan mayoritariamente por diferencia, técnica conocida como Extracto Libre de Nitrógeno (ELN). Este parámetro representa la fracción de carbohidratos disponibles (azúcares y almidones) después de restar de la muestra seca los componentes mayoritarios determinados analíticamente.

2° Método

Método por diferencia (Análisis Proximal).

3° Fundamento

El método se basa en el principio de conservación de la masa. Dado que la suma de todos los componentes analizados (humedad, cenizas, grasas, proteínas y fibra bruta) debe ser igual al total de la muestra (100%), la diferencia obtenida al restar estos valores del total se atribuye al contenido de carbohidratos totales.

4° Procedimiento

El cálculo se realiza integrando los resultados obtenidos de los análisis previos. El procedimiento es el siguiente:

- **Recolección de datos:** Se utilizan los porcentajes finales obtenidos en los análisis de humedad, fibra, ceniza, grasa y proteínas.
- **Suma de componentes:** Se suman los porcentajes de los cinco componentes mencionados.
- **Diferencia:** Se resta el resultado de la suma del valor total de la muestra (100).

5° Resultados

Para la obtención de los resultados se utiliza la expresión siguiente

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (\%\text{Humedad} + \%\text{Fibra} + \%\text{Ceniza} + \%\text{Grasa} + \%\text{Proteínas})$$

– **Aplicación de fórmula: % Carbohidratos en harina desamargada**

Recolección de datos (Resultados experimentales)

Para el cálculo del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), se tomaron los porcentajes obtenidos en los análisis proximales previos:

- **% Humedad:** 8.02%
- **% Fibra:** 4.92%
- **% Ceniza:** 2.11%
- **% Grasa:** 26.02%
- **% Proteínas:** 36.64%

Aplicación de fórmula

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (\%\text{Humedad} + \%\text{Fibra} + \%\text{Ceniza} + \%\text{Grasa} + \%\text{Proteínas})$$

$$\text{Suma} = 8.02 + 4.92 + 2.11 + 26.02 + 36.64 = 77.71\%$$

Aplicación de fórmula por diferencia:

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (77.71\%)$$

$$\%\text{Carbohidratos} = 22.29\%$$

- **Aplicación de fórmula: % Carbohidratos en harina amarga**

Recolección de datos (Resultados experimentales)

Para el cálculo del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), se tomaron los porcentajes obtenidos en los análisis proximales previos:

- **% Humedad:** 7.66%
- **% Fibra:** 7.03%
- **% Ceniza:** 3.32%
- **% Grasa:** 18.84%
- **% Proteínas:** 42.62%

Aplicación de fórmula

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (\%\text{Humedad} + \%\text{Fibra} + \%\text{Ceniza} + \%\text{Grasa} + \%\text{Proteínas})$$

$$\text{Suma} = 7.66 + 7.03 + 3.32 + 18.84 + 42.62 = 79.47\%$$

Aplicación de fórmula por diferencia:

$$\%\text{Carbohidratos} = 100 - (79.47\%)$$

$$\%\text{Carbohidratos} = 20.53\%$$

2.6.7. Obtención de extracto etanólico de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi)

El procedimiento para la obtención del extracto fue idéntico para ambas variedades de harina (amarga y desamargada). La metodología se dividió en dos etapas principales: desengrasado y extracción etanólica

1° Desengrasado de la muestra:

Para eliminar la fracción lipídica, se pesaron 50 g de harina de semillas de tarwi y se colocaron en contacto con 500 mL de n-hexano. La mezcla se sometió a calentamiento a 50 °C con reflujo de aire durante 12 horas. Posteriormente, se filtró la muestra y el residuo sólido (marco) fue sometido a una segunda extracción con 350 mL de n-hexano durante 4 horas adicionales.

2° Obtención del extracto etanólico:

Una vez finalizado el desengrasado, el residuo se secó en estufa a 50 °C hasta la eliminación total del solvente residual. Del material seco y desengrasado, se pesaron 10 g, los cuales se transfirieron a un matraz Erlenmeyer de 250 mL conteniendo 100 mL de etanol.

El matraz se colocó en un plato calefactor a 60 °C utilizando un condensador de aire para evitar la pérdida del solvente por evaporación. Este proceso se mantuvo durante 8 horas, tras lo cual se filtró para obtener el primer extracto. El residuo sólido resultante se sometió a una segunda extracción con etanol por 4 horas adicionales.

Ambos filtrados fueron combinados y transferidos a un vaso de precipitado de peso conocido, llevándolos a estufa hasta la evaporación completa del etanol. El peso del extracto seco obtenido (Pe) se determinó por diferencia de pesos mediante la siguiente relación:

$$P_e = (\text{Peso del vaso con extracto}) - (\text{Peso del vaso vacío})$$

Finalmente, el rendimiento de producción del extracto se determinó empleando la siguiente expresión matemática:

$$\%\text{Rendimiento} = \left(\frac{P_e}{M_d}\right) \times 100$$

Donde:

% Rendimiento: Porcentaje de rendimiento del extracto etanólico.

P_e: Peso del extracto seco obtenido (g).

M_d: Masa de la muestra de harina desengrasada utilizada (10 g).

3° Resultados:

- **Aplicación de fórmula: % Rendimiento en harina desamargada**

  Recolección de datos (Resultados experimentales):

  Peso del vaso con extracto: 51.711 g
  Peso del vaso vacío: 50.000 g
  Masa de la muestra desengrasada (M_d): 10 g

Obtención del peso del extracto (P_e)

$$P_e = (\text{Peso del vaso con extracto}) - (\text{Peso del vaso vacío})$$

$$P_e = 51.711\ \text{g} - 50.000\ \text{g}$$

$$P_e = 1.711\ \text{g}$$

Aplicación de fórmula de rendimiento

$$\%\text{Rendimiento} = \left(\frac{P_e}{M_d}\right) \times 100$$

$$\%\text{Rendimiento} = \left(\frac{1.711\ \text{g}}{10\ \text{g}}\right) \times 100$$

$$\%\text{Rendimiento} = 17.11\%$$

- **Aplicación de fórmula: % Rendimiento en harina amarga**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

Peso del vaso con extracto: 51.345 g
Peso del vaso vacío: 50.000 g
Masa de la muestra desengrasada (M_d): 10 g

Obtención del peso del extracto (P_e)

$$P_e = (\text{Peso del vaso con extracto}) - (\text{Peso del vaso vacío})$$

$$P_e = 51.345\ \text{g} - 50.000\ \text{g}$$

$$P_e = 1.345\ \text{g}$$

Aplicación de fórmula de rendimiento

$$\%\text{Rendimiento} = \left(\frac{P_e}{M_d}\right) \times 100$$

$$\%\text{Rendimiento} = \left(\frac{1.345\ \text{g}}{10\ \text{g}}\right) \times 100$$

$$\%\text{Rendimiento} = 13.45\%$$

2.6.8. Determinación de las características organolépticas del extracto etanólico de *Lupinus mutabilis* (Tarwi)

Para esta parte del trabajo se usaron los extractos libres de solvente contenidos en un vaso de precipitados de 50 mL. Utilizando los órganos de los sentidos se evaluaron:

- **Color:** El vaso que contiene el extracto etanólico libre de solvente fue examinado a la luz diurna para evaluar su color.
- **Olor:** El vaso que contiene el extracto etanólico libre de solvente fue aproximado a las fosas nasales y, mediante venteo palmar, se evaluó su olor.
- **Sabor:** Se tomó una pequeña cantidad del extracto y se evaluó cuidadosamente su sabor.
- **Aspecto:** Se observó la apariencia general del extracto, considerando su uniformidad, consistencia y características visibles.

2.6.9. Determinación del contenido de Fenoles totales

Para la cuantificación de Fenoles totales, se preparó una solución madre del extracto etanólico al 10% (p/v). Para ello, se pesó 1 g de extracto libre de solvente y se disolvió en 10 mL de etanol, empleando un baño de ultrasonido para asegurar la completa homogeneización. La muestra se filtró y del filtrado resultante se tomaron las alícuotas necesarias para el análisis.

1° Método

Espectrofotométrico mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu.

2° Fundamento

El método se basa en la reacción de oxidación-reducción entre los Fenoles totales presentes en la muestra y el reactivo de Folin–Ciocalteu (inicialmente de color amarillo). Esta reacción produce la reducción del reactivo y la formación de un complejo coloreado de tonalidad azul. La intensidad del color generado se relaciona directamente con la concentración de Fenoles totales totales. La absorbancia se mide espectrofotométricamente a una longitud de onda de 765 nm.

3°Reactivos.

- **Reactivo de Folin Ciocalteu.** De grado analítico.
- **Solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) 20%.** Preparada disolviendo 20 g de carbonato de sodio en 100 mL de agua destilada.
- **Solución madre de ácido gálico.** Preparada disolviendo 100 mg de ácido gálico en 100 mL de agua destilada (1000 mg/L).

- **Soluciones estándar de ácido gálico.** Para la curva de calibración, se prepararon concentraciones de 50, 100, 150, 200 y 250 mg/100 mL. Estas se obtuvieron transfiriendo 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 y 25.0 mL de la solución madre a matraces aforados (fiolas) de 100 mL y enrasando con agua destilada.

4° Obtención de la curva de calibración para la reacción entre las soluciones diluidas de ácido gálico y el reactivo de Folin Ciocalteu. Y absorbancia de las muestras analizadas

Con el propósito de expresar el contenido de fenoles totales en unidades equivalentes de ácido gálico (EAG), se elaboró una curva de calibración relacionando las concentraciones de los estándares frente a su respuesta de absorbancia. Bajo el mismo protocolo, se analizaron los extractos etanólicos de las harinas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) amarga y desamargada. El análisis se ejecutó por triplicado, siguiendo la dosificación detallada en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalles para la obtención de la curva de calibración entre el reactivo Folin Ciocalteu versus las soluciones diluidas de ácido gálico.

Muestras analizadas	Alícuota (mL)	Agua destilada (mL)	Na_2CO_3 20% (mL)	Reactivo Folin-Ciocalteu (mL)
Estándares de ácido gálico (50-250 mg/100 mL)	0.1	8.4	1.0	0.5
Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas de tarwi	0.1	8.4	1.0	0.5
Extracto etanólico de harina de semillas amargas de tarwi	0.1	8.4	1.0	0.5

Fuente: Elaboración propia.

Los reactivos se adicionan en el orden de izquierda derecha, se homogenizan y se dejan en reposo por 30 minutos protegido de la luz, transcurrido el tiempo se lleva a la lectura en el espectrofotómetro calibrado a una longitud de onda de 765 nanómetros.

5° Resultados:

La fórmula es:

$$y = mx + b$$

Donde:

Absorbancia de la muestra (UA): y

Concentración de fenoles totales (mg EAG/100 mL): x

Pendiente de la recta (m): 0.0047

Intercepto con el eje y (b): 0.0092

Para la cuantificación de los fenoles totales, se utilizó la ecuación de la recta obtenida de la curva de calibración:

$$y = 0.0047x + 0.0092$$

Para hallar la concentración, se despejó la variable x:

$$x = \frac{y - 0.0092}{0.0047}$$

- **Determinando el contenido de Fenoles totales en harina desamargada**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas.
- **Absorbancia promedio (y):** 0.202 UA.

Obtención de la concentración (x):

$$x = \frac{0.202 - 0.0092}{0.0047}$$

$$x = \frac{0.1928}{0.0047}$$

$$x = 41.02\,\text{mg EAG}/100\,\text{mL}$$

- **Determinando el contenido de Fenoles totales en harina amargada**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas sin tratamiento.
- **Absorbancia promedio (y):** 1.188 UA.

Obtención de la concentración (x):

$$x = \frac{1.188 - 0.0092}{0.0047}$$

$$x = \frac{1.1788}{0.0047}$$

$$x = 250.81\,\text{mg EAG}/100\,\text{mL}$$

2.6.10. Determinación de la actividad antioxidante

1°Principio

La actividad antioxidante es la capacidad de compuestos químicos presentes en una muestra para inhibir la oxidación de otras moléculas. Esta propiedad es fundamental para neutralizar radicales libres, evitando el daño oxidativo a nivel celular.

2° Método

Espectrofotométrico usando como radical libre el reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil).

3° Fundamento

El método se fundamenta en la capacidad de los compuestos antioxidantes presentes en el extracto para donar electrones o átomos de hidrógeno al radical DPPH. Este radical, en su forma estable, presenta una coloración púrpura/violeta intensa con una absorbancia máxima a 517 nm. Al reaccionar con antioxidantes, el radical se reduce, provocando la decoloración de la muestra (reducción de la absorbancia). La magnitud de esta disminución es directamente proporcional a la capacidad antioxidante total de la muestra.[20]

4° Reactivos

- Disolución de DPPH de absorbancia conocida:

Se prepara disolviendo 22 mg del radical libre 1,1-difenil-2-picrilhidrazil en etanol al 96°.

- Disolución madre de ácido gálico:

Preparada disolviendo 100 mg de ácido gálico en etanol hasta completar un volumen de 100 mL.

- Soluciones estándar de ácido gálico:

Para la curva de calibración, se prepararon cinco concentraciones diluyendo 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 y 25.0 mL de la solución madre en matraces aforados de 100 mL, enrasando con etanol. Esto permite obtener concentraciones de 5, 10, 15, 20 y 25 mg de ácido gálico/100 mL.

5° Expresión de la actividad antioxidante (% de inhibición)

La capacidad antioxidante del extracto se cuantificó mediante el porcentaje de inhibición (%Inhibición) del radical libre DPPH. Este ensayo evalúa la capacidad de los compuestos fenólicos presentes en el extracto para actuar como donadores de electrones o átomos de hidrógeno, reduciendo el radical DPPH a su forma estable (DPPH-H).

El porcentaje de inhibición se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%\text{Inhibición} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

Donde:

- ***%Inhibición***: Porcentaje de actividad captadora del radical libre DPPH.
- $A_{control}$: Absorbancia del blanco o control (solución de DPPH en etanol sin muestra, que representa el 100% de la actividad del radical).
- $A_{muestra}$: Absorbancia de la solución de DPPH tras reaccionar con el extracto etanólico de *Lupinus mutabilis*.

La disminución de la absorbancia a 517 nm (debida a la decoloración del radical de violeta a amarillo pálido) es proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra. Todas las determinaciones se realizaron bajo condiciones controladas de luz y temperatura para garantizar la estabilidad del radical DPPH.

A efectos de ilustrar el procesamiento metodológico de los datos experimentales, se presentan los ejemplos de desarrollo matemático para cada una de las muestras analizadas:

– **Determinando el porcentaje de inhibición en harina desamargada**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas de tarwi.
- **Absorbancia el control ($A_{control}$):** 1.126 UA
- **Absorbancia de la muestra ($_{Amuestra}$):** 0.964 UA

Obtención del porcentaje de inhibición:

$$\%\text{Inhibición} = \frac{1.126 - 0.964}{1.126} \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = \frac{0.162}{1.126} \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = 0.14387 \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = 14.38\%$$

- **Determinando el porcentaje de inhibición en harina amarga**

  Recolección de datos (Resultados experimentales):

  - **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas sin tratamiento (amarga).
  - **Absorbancia el control ($A_{control}$):** 1.126 UA
  - **Absorbancia de la muestra ($A_{muestra}$):** 0.738 UA

  Obtención del porcentaje de inhibición:

$$\%\text{Inhibición} = \frac{1.126 - 0.738}{1.126} \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = \frac{0.388}{1.126} \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = 0.34458 \times 100$$

$$\%\text{Inhibición} = 34.45\%$$

6° Procedimiento para determinar la actividad antioxidante de las muestras analizadas.

a) Determinación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de harina de semillas de *Lupinus mutabilis* mediante el método DPPH

Para esta fase experimental, se utilizó la misma solución preparada para la determinación de fenoles totales. El análisis se realizó por triplicado para garantizar la reproducibilidad de los resultados. El procedimiento detallado se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Esquema de trabajo para determinar la actividad antioxidante de la muestra analizada y expresar el resultado como % de actividad antioxidante.

		Procedimiento		
Muestra	**Número de repeticiones**	**Cantidad de extracto (mL)**	**Volumen de solvente (mL)**	**Volumen de DPPH (mL)**
Blanco	1	0.0	3.0	0.0
DPPH solo	1	0.0	0.0	3.0
	2	0.0	0.0	3.0
	3	0.0	0.0	3.0
Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas de tarwi	1	0.1	0.0	2.9
	2	0.1	0.0	2.9
	3	0.1	0.0	2.9
Extracto etanólico de harina de semillas amargas de tarwi	1	0.1	0.0	2.9
	2	0.1	0.0	2.9
	3	0.1	0.0	2.9

Fuente: Elaboración propia.

Los reactivos se adicionan en el orden de izquierda a derecha, se homogenizan y se dejan en reposo al abrigo de la luz por 30 minutos. Transcurrido ese tiempo, se lleva al espectrofotómetro para la lectura de sus absorbancias a una longitud de onda de 517 nm.

Debido a que el análisis experimental se ejecutó por triplicado para controlar la variabilidad y asegurar la reproducibilidad del proceso, los valores individuales de

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^{n} A_i}{n} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

absorbancia obtenidos en el espectrofotómetro para cada repetición fueron tratados estadísticamente mediante el cálculo de la media aritmética (promedio), utilizando la siguiente ecuación general:

Donde:

- $\tilde{A}$: Absorbancia promedio final expresada en Unidades de Absorbancia (UA).
- A_1, A_2, A_3: Valores de absorbancia medidos individualmente para cada una de las tres repeticiones experimentales.
- n: Número total de repeticiones ejecutadas en el ensayo (n =3).

Este valor de absorbancia promedio ($\tilde{A}$) constituye el dato estandarizado real que se utilizó posteriormente tanto para el cálculo del porcentaje de inhibición del radical libre como para la interpolación en la curva de calibración de la regresión lineal.

A efectos de ilustrar el procesamiento estadístico y metodológico de los datos experimentales obtenidos directamente en el espectrofotómetro, se presentan los ejemplos de desarrollo matemático para el cálculo de la absorbancia promedio en cada una de las muestras analizadas:

- Determinando la absorbancia promedio en harina desamargada

Recolección de datos individuales (Lecturas del espectrofotómetro):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas de *Lupinus mutabilis*.
- **Repetición 1 (A_1):** 0.962 UA
- **Repetición 2 (A_2):** 0.965 UA
- **Repetición 3 (A_3):** 0.965 UA

Obtención de la media aritmética (Absorbancia promedio):

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

$$\bar{A} = \frac{0.962 + 0.965 + 0.965}{3}$$

$$\bar{A} = \frac{2.892}{3}$$

$$\bar{A} = 0.964 \text{ UA}$$

- Determinando la absorbancia promedio en harina amarga

Recolección de datos individuales (Lecturas del espectrofotómetro):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas sin tratamiento (amarga) de *Lupinus mutabilis*.
- **Repetición 1 (A_1):** 0.736 UA
- **Repetición 2 (A_2):** 0.739 UA
- **Repetición 3 (A_3):** 0.739 UA

Obtención de la media aritmética (Absorbancia promedio):

$$\bar{A} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

$$\bar{A} = \frac{0.736 + 0.739 + 0.739}{3}$$

$$\bar{A} = \frac{2.214}{3}$$

$$\bar{A} = 0.738 \text{ UA}$$

b) Expresión de la actividad antioxidante como equivalente a disolución de mg ácido gálico/100 mL

Para este propósito, se elaboró una curva de calibración utilizando soluciones estándar de ácido gálico en concentraciones de 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 y 25.0 mg/100 mL frente al radical DPPH. A partir de la ecuación de regresión lineal por mínimos cuadrados obtenida de la curva *(y = m.x + b)*, se determinó la equivalencia de la actividad antioxidante de las muestras mediante la interpolación de sus respectivas absorbancias.

El cálculo de la interpolación lineal se rige bajo la siguiente ecuación general despejada:

$$x = \frac{y - b}{m}$$

Donde:

- ***x*:** Concentración de la actividad antioxidante expresada en miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 mL de muestra (mg ácido gálico/100 mL).

- ***y*:** Valor de la absorbancia promedio de la muestra analizada, medida experimentalmente en el espectrofotómetro a 517 nm.
- ***m*:** Pendiente de la recta de la curva de calibración calculada por mínimos cuadrados (-0.0273).
- ***b*:** Intercepto de la recta con el eje de las ordenadas (1.0724).

A efectos de ilustrar el procesamiento metodológico de los datos experimentales, se presentan los ejemplos de desarrollo matemático para cada una de las muestras analizadas:

– **Determinación de la actividad antioxidante equivalente en harina desamargada**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas desamargadas de tarwi.
- **Absorbancia promedio (*y*):** 0.964 UA
- **El intercepto de la recta con el eje de las ordenadas (b):** 1.0724
- **La pendiente de la recta de la curva de calibración (m):** -0.0273
- **Ecuación de la recta:** $y = -0.0273x + 1.0724$

Obtención de la Actividad Antioxidante Equivalente (*x*):

$$x = \frac{y - b}{m}$$

$$x = \frac{0.964 - 1.0724}{-0.0273}$$

$$x = \frac{-0.1084}{-0.0273}$$

$$x = 3.97069...$$

$$x = 3.97 \text{ mg EAG}/100 \text{ mL}$$

– **Determinación de la actividad antioxidante equivalente en harina amarga**

Recolección de datos (Resultados experimentales):

- **Muestra:** Extracto etanólico de harina de semillas sin tratamiento (amarga) de tarwi.
- **Absorbancia promedio (*y*):** 0.738 UA
- **El intercepto de la recta con el eje de las ordenadas (b):** 1.0724
- **La pendiente de la recta de la curva de calibración (m):** -0.0273
- **Ecuación de la recta:** $y = -0.0273x + 1.0724$

Obtención de la Actividad Antioxidante Equivalente (*x*):

$$x = \frac{y - b}{m}$$

$$x = \frac{0.738 - 1.0724}{-0.0273}$$

$$x = \frac{-0.3344}{-0.0273}$$

$$x = 12.24908...$$

$$x = 12.25 \text{ mg EAG}/100 \text{ mL}$$

El esquema detallado para la preparación de las soluciones estándar y las muestras se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4. Esquema de trabajo para la determinación de la actividad antioxidante frente al radical DPPH equivalente a ácido gálico.

Muestra	Cantidad Analizada (mL)	Solvente (mL)	Solución de DPPH (mL)
Blanco	0.0	3.0	0.0
Ácido gálico 5 mg/100 mL	0.1	0.0	2.9
Ácido gálico 10 mg/100 mL	0.1	0.0	2.9
Ácido gálico 15 mg/100 mL	0.1	0.0	2.9
Ácido gálico 20 mg/100 mL	0.1	0.0	2.9
Ácido gálico 25 mg/100 mL	0.1	0.0	2.9
Extracto etanólico de harina desamargada	0.1	0.0	2.9
Extracto etanólico de harina amarga	0.1	0.0	2.9

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento y análisis de los datos se realizó a partir de los resultados experimentales obtenidos. Todas las mediciones fueron efectuadas por triplicado, expresando los resultados como el promedio aritmético acompañado de su respectiva desviación estándar (± DE), asegurando así la reproducibilidad del ensayo. Para la determinación del contenido de Fenoles totales y la actividad antioxidante, los datos de absorbancia de las soluciones estándar se trataron mediante el método de regresión lineal por mínimos cuadrados. Esto permitió obtener la ecuación de la recta *($y = mx + b$)* y el coeficiente de determinación *(R^2)* de las curvas de calibración. A partir de dichas ecuaciones, se calcularon las concentraciones finales de los compuestos en las muestras. Finalmente, los resultados fueron organizados en tablas y figuras para su análisis descriptivo e interpretación estadística, permitiendo comparar el

comportamiento antioxidante y el contenido fenólico entre las muestras de harina de las semillas de *Lupinus mutabilis* amargas y desamargadas.

2.8 Aspectos éticos

La presente investigación no involucró la participación de seres humanos ni el uso de animales de experimentación, por lo que no se generaron riesgos bioéticos directos. El estudio se desarrolló exclusivamente con muestras de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), las cuales fueron procesadas luego de contar con la certificación taxonómica correspondiente.[21]

Durante el desarrollo experimental se respetaron estrictamente las normas de bioseguridad del laboratorio, asegurando el manejo adecuado de los reactivos químicos, equipos y material vegetal, con el propósito de prevenir riesgos para la salud y el medio ambiente.

Los datos obtenidos fueron registrados, analizados y presentados de manera objetiva y veraz, sin alteración ni manipulación de los resultados experimentales. Asimismo, se respetaron los principios de ética académica mediante la correcta citación y referenciación de las fuentes bibliográficas empleadas en la investigación.

III) RESULTADOS

3.1. Rendimiento de las harinas de tarwi

Los resultados del Rendimiento de las harinas de tarwi se presentan en la Tabla correspondiente:

Tabla 5. Rendimiento de las harinas de tarwi amarga y desamargada

Muestra / Tratamiento	Masa inicial de semilla (g)	Masa de harina obtenida (g)	Rendimiento (%)
Semillas de tarwi desamargadas	100.00	81.40	81.40
Semillas de tarwi amargas	100.00	94.10	94.10

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 5, la harina de tarwi amarga presentó un rendimiento superior (94.10%) frente a la harina desamargada (81.40%). La reducción del 12.70% se debe a la remoción de componentes solubles (alcaloides y azúcares) durante el proceso de desamargado por lavado continuo.

3.2. Análisis organoléptico de las harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) amargas y desamargadas

Los resultados del análisis organoléptico se presentan en la Tabla correspondiente.

Tabla 6. Análisis organoléptico de las harinas amargas y desamargadas obtenidas a partir de semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) provenientes de la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho.

Muestra	Observado			
	Color	Olor	Sabor	Aspecto
Harina amarga	Blanquecina	A hierba	Amargo desagradable	Uniforme áspero
Harina desamargada	Crema	Suave aromático Agradable	A cereal agradable Ligeramente dulce	Uniforme untuoso

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis químico bromatológico proximal de las harinas de tarwi.

Los resultados del análisis químico bromatológico proximal de las harinas obtenidas a partir de semillas de tarwi con y sin tratamiento de desamargado se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Análisis químico bromatológico proximal de las harinas de semillas de tarwi desamargada y harinas de semillas de tarwi amarga.

Componentes	Harina desamargada	Harina amarga
Humedad	8.02%	7.66%
Cenizas	2.11%	3.32%
Grasas	26.02%	18.84%
Fibras	4.92%	7.03%
Proteínas	36.64%	42.62%
Carbohidratos	22.29%	20.53%
TOTAL	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Rendimiento de los extractos etanólicos de las harinas de tarwi

En la Tabla 8 se presentan los resultados del rendimiento de extracto etanólico obtenido a partir de 10 g de muestra analítica de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en condición desamargada y amarga.

Tabla 8. Rendimiento de los extractos etanólicos de las harinas de tarwi amarga y desamargada

Muestra / Tratamiento	Muestra analítica (g)	Masa de extracto seco (g)	Rendimiento (%)
Harina de tarwi desamargada	10.00	1.711	17.11
Harina de tarwi amarga	10.00	1.345	13.45

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 8, el extracto etanólico obtenido a partir de la harina desamargada presentó un rendimiento del 17.11%, superando al obtenido de la harina amarga (13.45%). Esta diferencia del 3.66% sugiere una mayor facilidad de

extracción de los componentes solubles en etanol tras la modificación física y estructural que sufre el grano durante las etapas previas de remojo y desamargado.

3.5. Análisis organoléptico de los extractos etanólicos

Tras la evaporación del solvente, se evaluaron las características físicas de los extractos obtenidos de ambas muestras. Los resultados se resumen en la Tabla siguiente:

Tabla 9. Características organolépticas de los extractos etanólicos de semillas de *Lupinus mutabilis* amargas y desamargadas.

Muestra	Color	Olor	Sabor	Aspecto
Extracto etanólico (Tarwi amargo)	Pardo oscuro	Intenso, penetrante	Muy amargo	Viscoso y denso
Extracto etanólico (Tarwi desamargado)	Ámbar / Dorado	Suave y aromático	Ligeramente amargo	Viscoso y uniforme

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de los resultados:

El extracto del tarwi amargo presenta una coloración parda y un sabor intensamente amargo, lo cual es indicativo de la alta concentración de alcaloides (como la lupinina) y compuestos fenólicos que no fueron removidos. Por el contrario, el extracto del tarwi desamargado muestra tonalidades más claras (ámbar) y un sabor atenuado, lo que confirma que el proceso de desamargado cumplió su objetivo de reducir la carga de sustancias amargas, resultando en un extracto de mejor calidad organoléptica.

3.6. Determinación del contenido de fenoles totales en extractos etanólicos

Los resultados de esta parte del trabajo se presentan en dos fases que son:

A) De las absorbancias de las soluciones estándar 50, 100, 150, 200 Y 250 mg de ácido gálico/100 y los extractos etanólicos mL que reaccionaron con el reactivo de Folin Ciocalteu.

Los resultados promedio de tres repeticiones de las absorbancias correspondientes a las soluciones estándar de ácido gálico y a los extractos etanólicos analizados tras la reacción con el reactivo de Folin–Ciocalteu se presentan en la Tabla 10:

Tabla 10. Absorbancias de las soluciones estándar de ácido gálico y extractos etanólicos analizados después de la reacción con el reactivo de Folin-Ciocalteu.

Muestra analizada	Alícuota (mL)	Absorbancia (UA)
Blanco	0.1	0.00
Ácido gálico 50 mg/100 mL	0.1	0.254
Ácido gálico 100 mg/100 mL	0.1	0.489
Ácido gálico 150 mg/100 mL	0.1	0.686
Ácido gálico 200 mg/100 mL	0.1	0.959
Ácido gálico 250 mg/100 mL	0.1	1.174
Extracto etanólico de la harina desamargada de tarwi	0.1	0.202
Extracto etanólico de la harina amarga de tarwi	0.1	1.188

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de las absorbancias de las soluciones de concentraciones conocidas de ácido gálico se trabaja estadísticamente por el método de los mínimos cuadrados para obtener los valores de la recta y = mx + b, donde m es la pendiente de la recta, b es el valor del intercepto, y = son los valores de las absorbancias.

B) De la curva de calibración para las reacciones de las soluciones estándar de ácido gálico versus el reactivo de Folin Ciocalteu

Con los datos de las absorbancias de las soluciones de concentraciones conocidas de ácido gálico (tabla 10) se trabaja estadísticamente por el método de los mínimos cuadrados para obtener los valores de la recta y = mx + b, donde m es la pendiente de la recta, b es el valor del intercepto, y = son los valores de las absorbancias. La curva de calibración se presenta en el gráfico siguiente:

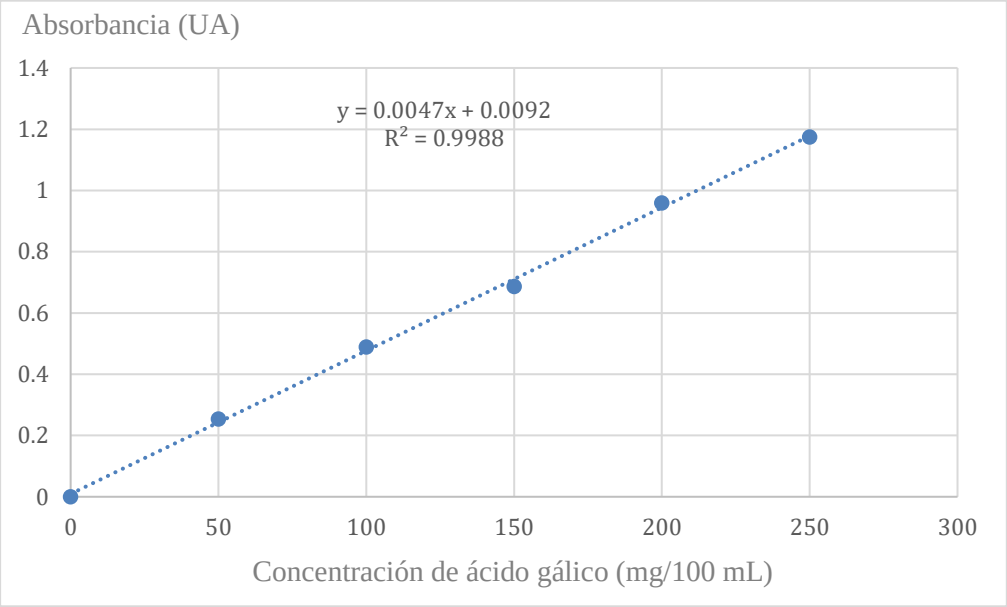


Figura 1. Curva de calibración de las reacciones de soluciones estándar de ácido gálico versus el reactivo de Folin-Ciocalteu.

Fuente: Elaboración propia.

- Cuantificación de fenoles totales:

A partir de las absorbancias obtenidas y aplicando la ecuación de la recta (y = 0.0047x + 0.0092), se determinaron las concentraciones de las muestras analizadas, cuyos valores se resumen en la Tabla 11:

Tabla 11. Determinación de la concentración de fenoles totales mediante la ecuación de la recta.

Muestra analizada	Absorbancia (y)	Ecuación de despeje	Resultado (x) (mg EAG/100 mL)
Extracto etanólico de la harina desamargada de tarwi	0.202	x = (0.202 - 0.0092) / 0.0047	41.02 mg EAG/100 mL
Extracto etanólico de la harina amarga de tarwi	1.188	x = (1.188 - 0.0092) / 0.0047	250.81 mg EAG/100 mL

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Determinación de la actividad antioxidante mediante el método DPPH

Los resultados se presentan en dos partes, que son:

A) Absorbancias de las soluciones estándar y de los extractos etanólicos analizados con el reactivo DPPH

Los valores promedio de absorbancia obtenidos experimentalmente para las soluciones estándar de ácido gálico (5.0, 10.0, 15.0, 20.0 y 25.0 mg/100 mL) y los extractos etanólicos tras su reacción con el radical libre DPPH se detallan en la Tabla 12:

Tabla 12. Absorbancias de las soluciones estándar de ácido gálico y los extractos etanólicos de las muestras.

Muestra analizada	Alícuota (mL)	Absorbancia (UA)
Blanco	0.1	0.000
DPPH solo (Control)	3.0	1.126
Ácido gálico 5 mg/100 mL	0.1	0.942
Ácido gálico 10 mg/100 mL	0.1	0.805
Ácido gálico 15 mg/100 mL	0.1	0.636
Ácido gálico 20 mg/100 mL	0.1	0.571
Ácido gálico 25 mg/100 mL	0.1	0.392
Extracto etanólico de la harina desamargada de tarwi	0.1	0.964
Extracto etanólico de la harina amarga de tarwi	0.1	0.738

Fuente: Elaboración propia.

B) Curva de calibración y determinación de la capacidad antioxidante

Los datos de absorbancia correspondientes a las soluciones estándar de ácido gálico (Tabla 12) fueron tratados mediante el método estadístico de los mínimos cuadrados para obtener la ecuación de la recta de regresión lineal: y = mx + b, donde m representa la pendiente, b el intercepto con el eje de las ordenadas e y los valores de absorbancia. La curva de calibración obtenida se presenta en la Figura 2.

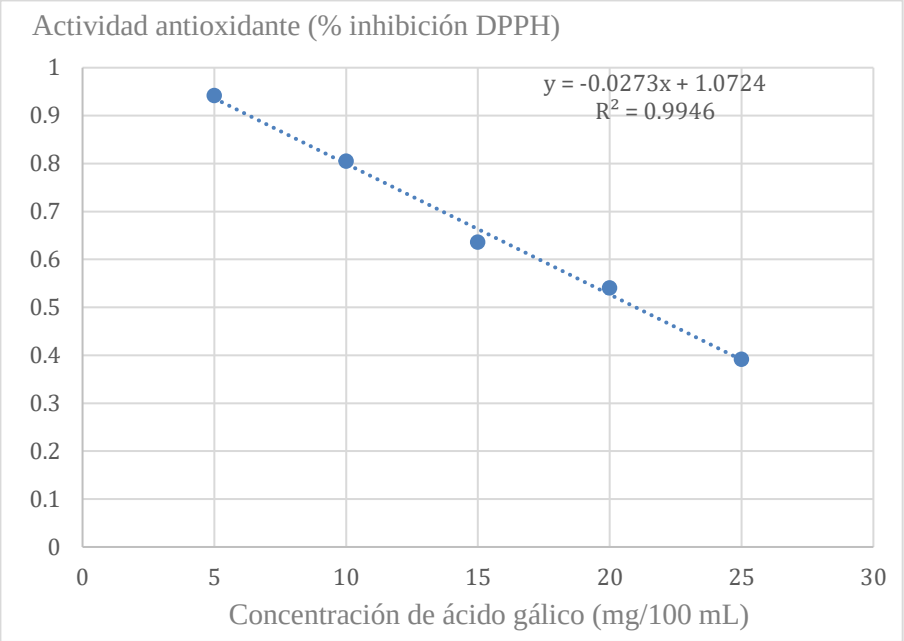


Figura 2. Curva de calibración de las reacciones de soluciones estándar de ácido gálico versus el reactivo DPPH.

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad antioxidante de las muestras analizadas se determinó evaluando tanto el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH como la interpolación en la ecuación de la recta para obtener el contenido equivalente de ácido gálico, cuyos resultados se exponen en la Tabla 13:

Tabla 13. Actividad antioxidante de los extractos etanólicos de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*), expresados como porcentaje de inhibición al radical DPPH y contenido equivalente de ácido gálico.

Muestra	Absorbancia (UA)	Actividad del radical libre (%)	% de inhibición	Actividad Antioxidante Equivalente (mg Ácido Gálico / 100 mL)
DPPH solo (Control)	1.126	100.00	0.00	0.00
Extracto etanólico de la harina de desamargada de tarwi	0.964	85.61	14.38	3.97
Extracto etanólico de la harina amarga de tarwi	0.738	65.54	34.45	12.25

Fuente: Elaboración propia.

El extracto etanólico de la harina de semillas desamargadas exhibió un porcentaje de inhibición significativamente menor, registrando un 14.38%, lo que representa una equivalencia de 3.97 mg de ácido gálico/100 mL bajo las mismas condiciones analíticas. Por su parte, el extracto etanólico de harina de semillas sin tratamiento (amarga), preparado al 10.0%, expresado como porcentaje de inhibición al radical libre DPPH, fue de 34.45%, lo cual equivale a la actividad antioxidante de una solución de 12.25 mg de ácido gálico/100 mL tras la interpolación en la curva de calibración.

3.8. Comparación con literatura científica

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron comparados con valores reportados en la literatura científica internacional. Si bien los contenidos de fenoles totales y la actividad antioxidante determinados en semillas de *Lupinus mutabilis* sometidas al proceso de desamargado fueron inferiores a los reportados por otros autores, estos mostraron la misma tendencia descrita en la literatura para semillas desamargadas.

Diversos estudios han señalado que el proceso de desamargado se asocia con una disminución del contenido de compuestos fenólicos y de la actividad antioxidante, aunque dicha disminución no siempre se evidencia mediante comparaciones directas entre semillas amargas y desamargadas.

En el presente estudio se observó una menor concentración de compuestos bioactivos en las muestras sometidas al tratamiento de desamargado, comportamiento que resultó concordante con lo descrito en la literatura científica. [22] Esta comparación se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14. Comparación de la actividad antioxidante (DPPH) y del contenido de fenoles totales en semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) desamargadas obtenidas en la presente investigación con valores reportados en la literatura científica internacional.

Muestra / Parámetro	Resultados propios (Semillas desamargadas)	Resultados encontrados (Semillas desamargadas)
Fenoles totales (mg EAG/100 mL)	41.02	340.81–1393.32 mg
DPPH (%)	14.38	1.06–6.47 mmol TE/kg

Fuente: Elaboración propia con base en Estivi et al.[22]

Nota: Los valores reportados en la literatura corresponden a distintos ecotipos de *Lupinus mutabilis* y a diferentes condiciones experimentales; por ello, la comparación no buscó igualar magnitudes absolutas, sino evidenciar la variabilidad descrita en la literatura para semillas desamargadas. Entonces, los valores de actividad antioxidante reportados en la literatura se expresaron en mmol TE/kg, mientras que los de la presente investigación se expresaron como porcentaje de inhibición del radical DPPH, realizándose la comparación en términos de tendencia.

La actividad antioxidante del extracto etanólico libre de solvente de semillas de *Lupinus mutabilis* sometidas a tratamiento de desamargado, preparado al 10 %, expresada como porcentaje de inhibición del radical libre DPPH, fue de 14.38 %, valor equivalente a la actividad antioxidante de una solución de 3.97 mg de ácido gálico/100 mL. Este resultado mostró una menor actividad antioxidante en la muestra desamargada, en concordancia con la disminución del contenido de compuestos fenólicos observada.

IV) DISCUSIÓN

Las plantas leguminosas son aquellas que producen vainas y en su interior guardan su fruto o semillas, entre ellas se encuentran el frijol, las lentejas, los chicharos, los garbanzos y tarwi. El tarwi de origen americano, cultivada en los Andes entre los 2000 y 4000 metros sobre el nivel del mar, en lugares con baja precipitación en climas templados y fríos.

Es una leguminosa herbácea erecta de tallos robustos, algo leñosa de fácil adaptación y tolerancia a tierras pobres, sequías y de bajas temperaturas. Se distingue por su alto contenido de proteínas, mayor al de la soya, lo que lo hace una planta de interés mundial y posee excepcionales propiedades nutricionales por su gran cantidad de proteínas, vitaminas y minerales.[18,19]

Sin embargo, para el consumo de tarwi hay que tener cuidados especiales con respecto a su toxicidad pues naturalmente presentan un sabor amargo que es por la presencia de alcaloides que son tóxicos para la salud humana. Por ello obligatoriamente para consumir las semillas de tarwi como tales o procesarlas para obtener polvo o harina de tarwi es necesario desamargar la semilla.

El proceso de desamargado involucra un alto consumo de agua se ha estimado que por cada Kg de semillas amargas se necesitan hasta 55 litros de agua de uso doméstico para lograr desamargar las semillas y se utiliza el método de maceración con agua fría por 5 - 7 días con cambios diarios de agua y remoción de las semillas diariamente.

El objetivo de separar el sabor amargo es para tener la certeza de que el producto no tiene los tóxicos alcaloides. Arellano Martínez A.[5] (2022) ejecutó una revisión bibliográfica para *Lupinus mutabilis* y señala que es una especie que alcanza contenidos de proteínas de hasta 44.3 por ciento superando a la soya y frejol y tiene un aceptable contenido de lípidos con ácidos grasos insaturados omega 3, 6 y 9 y además reporta la presencia de compuestos bioactivos como Fenoles totales, fitoesteroles, tocoferoles, carotenoides y alcaloides. Similarmente Guapi J.[7] (2014) determina y cuantifica alcaloides en el tarwi indicando que el mayor porcentaje de estos compuestos están en las semillas o granos y son responsables del sabor amargo de estas semillas.

En el presente estudio se obtuvo harina amarga de tarwi y fue a partir de las semillas que no se sometieron al proceso de desamargado y aunque el resultado del análisis químico bromatológico proximal señala que tiene buenos indicadores de calidad alimenticia este producto no debe de consumirse por la toxicidad de los componentes amargos. Torres N.[8] (2023) para estos compuestos amargos propone su uso como bioinsecticida contra pulgones con excelentes resultados. En el presente estudio el volumen de agua utilizado para separar los componentes amargos es relativamente pequeño con respecto a lo gastado en el método de remoción tradicional que emplea 55 L de agua por 1.0 kg de

semillas de tarwi. Por tanto, a partir de 12.5 litros del agua de lavado por mi método propuesto es posible que pueda utilizarse directamente para probar su actividad biocida. Tintaya E.[12] (2017) obtiene harina desamargada de tarwi y reporta valores de: humedad 8.017% a 2.73%, grasa 24.21% a 24.74%, fibra 8.53% a 9.91%, ceniza 1.383% a 1.92%, carbohidratos 3.772% a 9.164% y proteína 54.03% a 57.06%. En el presente estudio, el análisis de la harina de tarwi desamargada reportó 26.02 % de grasa, 36.64 % de proteína y 22.29 % de carbohidratos, al contrastar con los datos de Tintaya E.[12] se observan diferencias en las proporciones (destacando un mayor contenido de carbohidratos y menor porcentaje proteico en nuestra muestra), lo cual evidencia la variabilidad bromatológica propia del ecotipo regional de Páucar del Sara Sara y del método de desamargado empleado. Cabe destacar que el porcentaje de carbohidratos aumentó ligeramente tras el desamargado (de 20.53 % a 22.29 %), debido a la redistribución de componentes al eliminar los solubles, consolidando a esta harina como una excelente fuente de energía segura. Para las semillas de tarwi desamargadas Córdova J.[4] (2020) Evaluó el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante el contenido de fenoles totales mediante Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante por los métodos de DPPH y ABTS+. Determinando que el proceso de desamargado afectan significativamente el contenido de compuestos fenólicos y su actividad antioxidante, disminuyéndolos reportando contenido de fenoles totales estuvo entre 0.64 – 1.10 y 0.75 – 1.33 mg EAG/g base seca, para muestras sin desengrasar y desengrasadas, respectivamente La capacidad antioxidante por DPPH de muestras procesadas varió entre 2.87 – 4.10 y 3.12 – 4.73 µmol Trolox/g b.s., en muestras sin desengrasar y desengrasadas, respectivamente. similarmente en el presente estudio el contenido de fenoles totales disminuye notoriamente en las harinas que provienen de las semillas sometidas al tratamiento de desamargado de 250.81 mg fenoles totales (EAG)/100 mL a 41.02 mg fenoles totales (EAG)/100 mL, correspondientemente la actividad antioxidante tiene el mismo comportamiento pues de 34.45 % para la harina con amargor disminuye a 14.38 % para harinas desamargadas.

Adicionalmente, los resultados obtenidos en la presente investigación se compararon con valores reportados en la literatura científica internacional. Estivi et al.[22] (2022) informaron que las semillas de *Lupinus mutabilis* desamargadas presentan contenidos de fenoles totales entre 340.81 y 1393.32 mg EAG/100 g, así como valores de actividad antioxidante por DPPH de 1.06 a 6.47 mmol TE/kg. Al contrastar estos rangos con los resultados del presente estudio, se observa que los valores obtenidos fueron menores; sin embargo, muestran la misma tendencia descrita en estudios internacionales, en los cuales el proceso de desamargado provoca una reducción de los compuestos fenólicos y de la

actividad antioxidante, asociada a la pérdida de compuestos bioactivos durante el tratamiento con agua.

En el desarrollo del presente estudio se reconocieron algunas limitaciones que pudieron influir en los resultados obtenidos. En primer lugar, el tamaño de la muestra vegetal analizada fue limitado, ya que se trabajó con semillas provenientes de una sola zona geográfica, lo cual no permitió evaluar la variabilidad natural del cultivo en otras regiones productoras. Igualmente, las determinaciones químico-bromatológicas, el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante se realizaron bajo condiciones controladas de laboratorio y mediante un número específico de repeticiones, por lo que los resultados representaron una aproximación experimental dentro de las condiciones del estudio. De igual manera, no se efectuó la cuantificación específica de alcaloides residuales luego del proceso de desamargado, lo que habría permitido una evaluación más completa del efecto del tratamiento sobre los compuestos amargos. Finalmente, las comparaciones con estudios previos se vieron limitadas por diferencias metodológicas, de origen de muestra y condiciones experimentales, lo que pudo influir en las variaciones observadas entre los resultados.

En conjunto, los resultados del presente estudio evidenciaron que las semillas de *Lupinus mutabilis* constituyeron una fuente importante de compuestos nutricionales y bioactivos, destacando su contenido proteico y la presencia de compuestos fenólicos con actividad antioxidante.

De igual manera, se observó que el proceso de desamargado influyó en la disminución de los fenoles totales y de la actividad antioxidante, comportamiento concordante con lo reportado en la literatura científica. Estos hallazgos aportaron evidencia sobre el valor nutricional y funcional del tarwi producido en la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho, sugiriéndose la necesidad de continuar investigando sus compuestos bioactivos y optimizar los procesos de tratamiento para su mejor aprovechamiento.

V) CONCLUSIONES

1. Se logró desarrollar el proceso para la obtención de harina desamargada y amarga de *Lupinus mutabilis*, alcanzando un rendimiento del 81.40 % y 94.10 %, respectivamente. El análisis químico-bromatológico proximal mostró que el desamargado incrementó la concentración de grasas (de 18.84 % a 26.02 %) y carbohidratos (de 20.53 % a 22.29 %), mientras que se redujo la proteína (de 42.62 % a 36.64 %), fibra (de 7.03 % a 4.92 %) y cenizas (de 3.32 % a 2.11 %), manteniendo la humedad entre 7.66 % y 8.02 %, lo cual demuestra el elevado valor nutricional del producto final.
2. Los extractos etanólicos libres de solvente al 10 % registraron un contenido de fenoles totales de 41.02 mg EAG/100 mL para la muestra desamargada y de 250.81 mg EAG/100 mL para la muestra amarga; si bien se evidencia una reducción significativa por efecto del lavado, la harina desamargada conserva compuestos fenólicos residuales con potencial beneficio para la salud.
3. La actividad antioxidante de los extractos etanólicos al 10 % alcanzó un porcentaje de inhibición al radical DPPH de 14.38 % en la harina desamargada y 34.45 % en la amarga (equivalentes a 3.97 mg EAG/100 mL y 12.25 mg EAG/100 mL, respectivamente), lo que demuestra que, a pesar de la disminución por el tratamiento, el tarwi desamargado mantiene propiedades antioxidantes activas para su aprovechamiento como ingrediente funcional.

VI) RECOMENDACIONES

1. Profundizar en la evaluación de la posible toxicidad aguda, crónica y subcrónica de las harinas de tarwi procedentes de semillas amargas y desamargadas, con la finalidad de establecer con mayor precisión el margen de seguridad de estos productos para sus posibles aplicaciones.
2. Desarrollar y evaluar métodos alternativos de desamargado de las semillas de tarwi que permitan recuperar o concentrar los metabolitos secundarios responsables del amargor, con el propósito de estudiar y comprobar su posible actividad biocida.
3. Promover el uso de la harina o polvo de tarwi obtenido a partir de semillas desamargadas, debido a que el análisis químico-bromatológico proximal evidencia que constituye una fuente importante de proteínas y lípidos, componentes nutricionales relevantes para la alimentación humana.
4. Evaluar la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y funcional de las harinas de tarwi durante el almacenamiento, con la finalidad de determinar su vida útil, condiciones óptimas de conservación y posibles cambios en su calidad nutricional y actividad antioxidante.

VII) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Camarena M. Revalorización de un cultivo subutilizado: chochó o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). 1a ed. Lima (PE): Universidad Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC); 2012.
2. Callisaya R. Comportamiento agronómico del cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) bajo dos métodos y tres densidades de siembra en la localidad de Carabuco [tesis de grado]. La Paz (BO): Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Agronomía; 2012.
3. Cuna J. Manual sobre producción y transformación básica de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet): la semilla del futuro, tarwi ecotipo Carabuco. 1a ed. La Paz (BO); 2011. p. 10-16.
4. Córdova J, Glorio P, Hidalgo A, et al. Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos totales del lupino andino (*Lupinus mutabilis* Sweet). Scientia Agropecuaria. 2020;11(2):157-165.
5. Arellano Martínez A. Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus mutabilis*) [trabajo de titulación]. Ambato (EC): Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, Carrera de Alimentos; 2022.
6. Quispe A, Torres A, Ccapaca M, et al. Cuantificación de Fenoles totales y capacidad antioxidante en harina y grano desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y factores que influyen en su consumo en el distrito de Yunguyo [proyecto de investigación]. Puno (PE): Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Nutrición Humana; 2021.
7. Guapi J. Caracterización bromatológica y fitoquímica de los granos y hojas del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangor ache (*Amaranthus hybridus* L.) [trabajo de grado]. Riobamba (EC): Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agroindustrial; 2014.
8. Torres N. Efecto biocida del extracto hidroalcohólico de semillas de *Chenopodium quinoa* y *Lupinus mutabilis* sobre *Brevicoryne brassicae* ("pulgón de la col") [tesis]. Ayacucho (PE): Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología; 2023.
9. Carpio Hernández WA. Determinación químico-bromatológica de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) que crece en la provincia de Aymaraes, Apurímac [tesis de pregrado]. Ica (PE): Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Facultad

de Farmacia y Bioquímica; 2023. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.13028/4511

10. Iscarra Cormilluni A. Caracterización agronómica, morfológica y físico-química de 10 genotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano Puno [tesis]. Puno (PE): Universidad Nacional del Altiplano; 2023. Disponible en: https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19873
11. Carhuallanqui S, Cajas J, Ccora A, et al. Evaluación nutricional y fisicoquímica del tarwi (*Lupinus mutabilis*) desamargado, deshidratado, tostado y envasado al vacío para consumo directo. Prospectiva Universitaria en Ciencias Agrarias. 2022;13(1):1-8.
12. Tintaya E. Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (*Lupinus tomentosus*) [tesis]. Juliaca (PE): Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos; 2017.
13. Meneses-Quelal O, Burbano-Pulles M. Potencial nutricional, funcional y microbiológico de *Lupinus mutabilis* y *Amaranthus* spp. andinos: una revisión. Foods. 2025;14(12):2059. doi:10.3390/foods14122059.
14. Miranda M. Métodos de análisis de drogas y extractos. La Habana (CU): Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana; 2002. p. 24-34.
15. Lock O. Investigación fitoquímica: métodos en el estudio de productos naturales. 2a ed. Lima (PE): Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú; 1994.
16. Gómez Bastar S. Metodología de la investigación. 1a ed. México (MX): Ediciones Red Tercer Milenio; 2012.
17. Hernández R, Fernández-Collado C, Baptista-Lucio P. Metodología de la investigación. 6a ed. México (MX): McGraw-Hill Interamericana; 2014.
18. Ecología Verde. Qué son las leguminosas y ejemplos [Internet]. [citado 13 ene 2026]. Disponible en: https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-leguminosas-y-ejemplos-2705.html
19. Foods. El tarwi: ¿qué es?, historia, cultivo y usos [Internet]. [citado 13 ene 2026]. Disponible en: https://foods.pe/el-tarwi/
20. Gutiérrez A, Infantes M, Pascual G, Zamora J. Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Agroindustrial Science. 2016;6(1):145-149.
21. Barrientos P. Contenido de proteína total del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en distritos de las microcuencas del río Vilcabamba, Grau [tesis]. Abancay (PE):

Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Facultad de Ingeniería Agroindustrial; 2022.

22. Estivi L, Grassi S, Briceño-Berrú L, Glorio-Paulet P, Camarena F, Hidalgo A, Brandolini A. Free phenolic compounds, antioxidant capacity and FT-NIR survey of debittered *Lupinus mutabilis* seeds. Processes. 2022;10(8):1637. doi:10.3390/pr10081637.

VIII) ANEXOS.

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	ESTRATEGIA METODOLÓGICA
Problema principal ¿Cuáles son los componentes nutricionales (composición químico bromatológica proximal, fenoles totales y actividad antioxidante) de las harinas desamargadas y amargas de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), producidas en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho? **Problemas secundarios** 1 ¿Cuál es el método desarrollado para obtener harina desamargada y amarga y qué composición químico bromatológica proximal presenta las harinas de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho? 2 ¿Cuál es el contenido de fenoles totales de las harinas desamargadas y amargas de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho? 3 ¿Cuál es la actividad antioxidante de las harinas desamargadas y amargas de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho?	**Objetivo general** Determinar los componentes nutricionales (composición químico bromatológica proximal, fenoles totales y actividad antioxidante) de las harinas desamargadas y amargas de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho. **Objetivos específicos** 1 Desarrollar el método para obtener harina desamargada y amarga y determinar la composición químico bromatológica proximal de las harinas de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho. 2 Determinar el contenido de fenoles totales de las harinas desamargadas y amargas de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho. 3 Determinar la actividad antioxidante de las harinas desamargadas y amargas de semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), producido en la Provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho.	**Hipótesis general.** H_1 Los componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producidas en la provincia de Páucar del Sara Sara, Ayacucho, lo califican como un alimento con alto valor nutricional y energético. H_0 Los componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producidas en la provincia de Páucar del Sara Sara, Ayacucho, no lo califican como un alimento con alto valor nutricional y energético. **Hipótesis especificas** 1 El proceso experimental para la obtención de harina desamargada y amarga de *Lupinus mutabilis* (tarwi) permite alcanzar un rendimiento estimado superior al 80 %, registrando en su análisis químico-bromatológico valores próximos a: humedad 7-9 %, cenizas 2-4 %, grasa 18-27 %, fibra 4-8 %, proteínas totales 35-45 % y carbohidratos entre 20-23 %. 2 El contenido de fenoles totales en las harinas de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) presenta valores que oscilan entre 40 y 260 mg EAG/100 mL, dependiendo del tratamiento de desamargado. 3 La actividad antioxidante de las harinas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), expresada como % de inhibición al radical libre DPPH, se encuentra en un rango de 14 % a 35 %, según el tratamiento aplicado.	**Variable Independiente** Proceso de desamargado. **Variables Dependientes** - Composición químico-bromatológica. - Contenido de fenoles totales. - Actividad antioxidante. **Indicador** - Porcentaje (%) de humedad, cenizas, grasas, fibras, proteínas y carbohidratos. - Concentración de fenoles (mg FT(EAG)/100 mL). -Porcentaje (%) de inhibición del radical libre DPPH. .	**Tipo de investigación:** **Aplicada.** Debido a que utiliza conocimientos de la ciencia bromatológica y análisis químico-cuantitativos para determinar las propiedades nutricionales, fenoles y actividad antioxidante de las harinas de tarwi. **Nivel de investigación:** **Explicativo.** Ya que busca establecer y explicar la relación causa-efecto entre los tratamientos de desamargado aplicados y los cambios resultantes en su composición química. **Diseño de investigación:** **Experimental**. Dado que se manipularon deliberadamente las variables independientes (tratamientos de desamargado) para analizar su efecto sobre las variables dependientes, controlando rigurosamente las condiciones en el laboratorio.

Anexo 2. Imágenes de mi especie vegetal

Todas las imágenes corresponden a elaboración propia.



Figura A2.1. Planta de *Lupinus mutabilis* (tarwi) en estado de floración.



Figura A2.2. Recolección del material vegetal en campo.



Figura A2.3. Semillas frescas de tarwi.

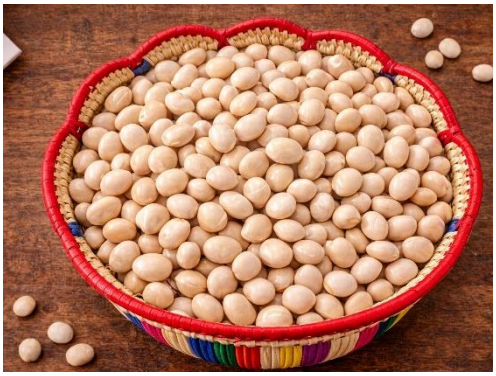


Figura A2.4. Semillas secas seleccionadas para análisis bromatológico.

Anexo 3. Fotografías del procedimiento realizado

Todas las imágenes corresponden a elaboración propia.



Figura A3.1. Selección y acondicionamiento del material vegetal previo al procesamiento experimental.



Figura A3.2. Preparación de material y reactivos para el trabajo experimental en laboratorio.



Figura A3.3. Preparación y manipulación de la muestra sólida empleando espátula de laboratorio previo al pesado experimental.



Figura A3.4. Colocación de la muestra en la balanza analítica para la determinación del peso previo al análisis químico bromatológico.

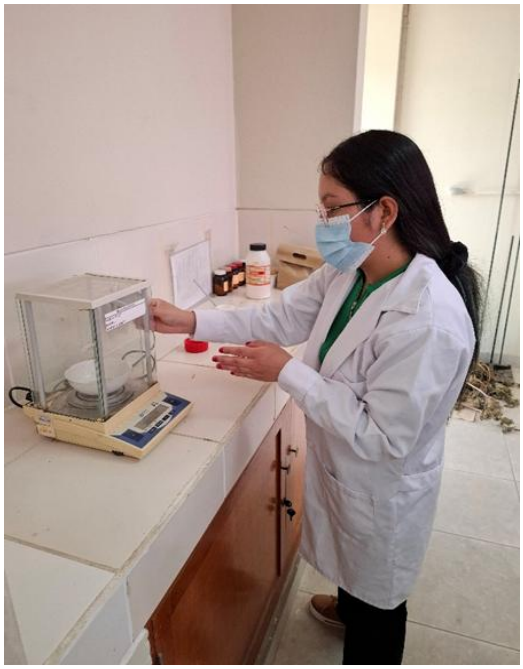


Figura A3.5. Registro del peso de la muestra en balanza analítica como etapa previa a las determinaciones bromatológicas.

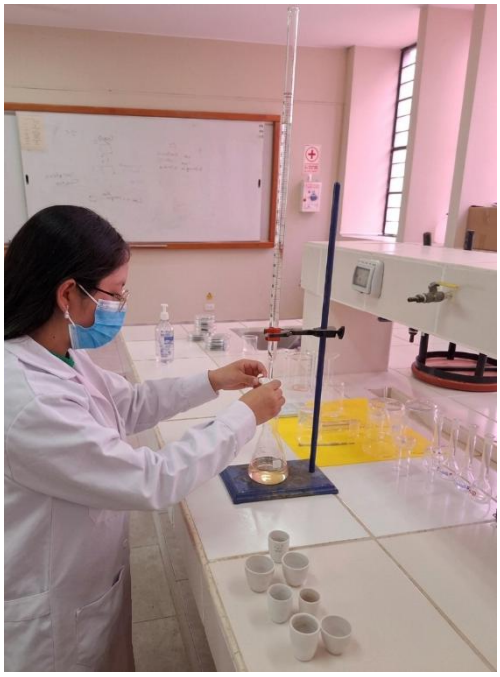


Figura A3.6. Titulación del destilado mediante el método Kjeldahl hasta el viraje de color para la determinación de proteínas.

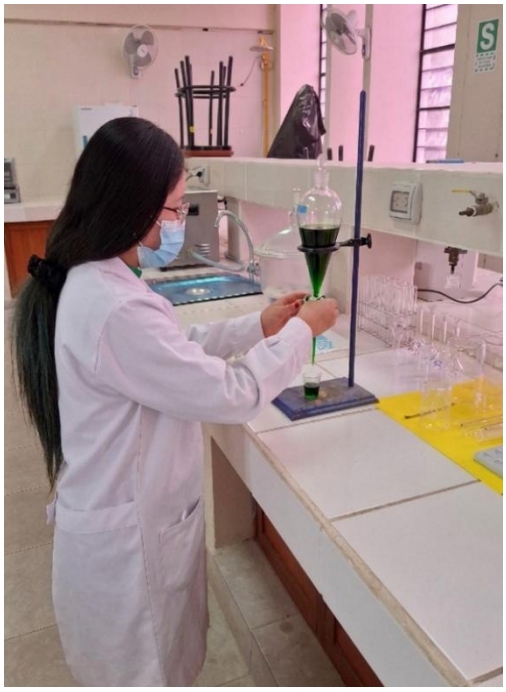


Figura A3.7. Separación del extracto etanólico utilizando embudo de decantación durante la obtención del extracto vegetal.



Figura A3.8. Recolección del extracto obtenido tras la separación de fases utilizando embudo de decantación.



Figura A3.9. Dosificación de reactivos durante la preparación de muestras para los ensayos espectrofotométricos (Folin–Ciocalteu y DPPH).



Figura A3.10. Adición de alícuotas de extracto vegetal y reactivos mediante micropipeta durante el montaje del ensayo espectrofotométrico.



Figura A3.11. Dosificación del reactivo de trabajo empleando micropipeta para la determinación de capacidad antioxidante.



Figura A3.12. Lectura de absorbancia de las muestras en espectrofotómetro UV-Visible para la determinación de fenoles totales y actividad antioxidante.

Anexo 4. Certificación Botánica de mi especie vegetal

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

El Blgo. Que suscribe determina que, la muestra biológica presentada por el bachiller en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional" San Luis Gonzaga" **KEYSI KAREN PAUCAR NAVARRO** con DNI N° 72494821 para su determinación, pertenece al nombre científico de ***Lupinus ballianus*** C.P., Smith "tarwi silvestre o jera", según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: FABALES

FAMILIA: FABACEAE

GÉNERO: **Lupinus**

ESPECIE: ***Lupinus mutabilis*** C.P.

N.V: "tarwi silvestre o jera"

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado para fines de estudio.

Ica 23 de enero 2024

Dr. Miranda Huamán David Máximo
BIÓLOGO
CBP. 3681

Anexo 5. Base de datos de los resultados experimentales

La base de datos estuvo constituida por los registros obtenidos durante las determinaciones experimentales realizadas a las harinas de semillas de *Lupinus mutabilis* (tarwi), procedentes de la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho, tanto en su forma amarga como desamargada.

Las mediciones fueron efectuadas por triplicado en cada análisis y posteriormente expresadas como valores promedio, constituyendo el soporte cuantitativo del análisis descriptivo desarrollado en la presente investigación.

Tabla 5.1. Resultados promedio de las determinaciones químico-bromatológicas

Variable	Unidad	Harina desamargada	Harina amarga
Rendimiento de harina	%	81.40	94.10
Humedad	%	8.02	7.66
Cenizas	%	2.11	3.32
Grasas	%	26.02	18.84
Fibras	%	4.92	7.03
Proteínas	%	36.64	42.62
Carbohidratos	%	22.29	20.53

Tabla 5.2. Rendimiento de extractos etanólicos

Variable	Unidad	Harina desamargada	Harina amarga
Rendimiento de extracto etanólico	%	17.11	13.45

Tabla 5.3. Contenido de fenoles totales

Variable	Unidad	Harina desamargada	Harina amarga
Fenoles totales	mg EAG/100 mL	41.02	250.81

Tabla 5.4. Actividad antioxidante (DPPH)

Variable	Unidad	Harina desamargada	Harina amarga
% de inhibición del radical DPPH	%	14.38	34.45

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos experimentales.

Anexo 6. Instrumentos y ficha de recolección de datos

Durante el desarrollo del estudio, la recolección de datos se realizó mediante procedimientos experimentales en laboratorio, empleándose instrumentos analíticos y formatos de registro que permitieron obtener información cuantitativa confiable de las muestras analizadas.

Los instrumentos y variables consideradas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Instrumentos utilizados y datos recolectados

Variable evaluada	Instrumento / técnica utilizada	Unidad de medida
Rendimiento de harina	Balanza analítica	%
Humedad	Estufa de secado	%
Cenizas	Mufla	%
Grasas	Equipo Soxhlet	%
Fibras	Digestión ácido–base	%
Proteínas	Método Kjeldahl	%
Carbohidratos	Cálculo por diferencia	%
Rendimiento de extracto etanólico	Balanza analítica	%
Fenoles totales	Espectrofotómetro UV-Visible (Folin–Ciocalteu)	mg EAG/100 mL
Actividad antioxidante	Espectrofotómetro UV-Visible (DPPH)	% inhibición

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Resolución decanal

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
Ciudad Universitaria s/n Teléfono 056 762573

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA
DECANATO

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

RESOLUCION DECANAL N° 471-D/FFB-UNICA-2024

Ica, 30 de julio de 2024

VISTO:
El Oficio N°1571-UI-CI-FFB-UNICA-2024 de fecha 22 de julio de 2024, Exp. N° 3278 del 30 de julio de 2024, presentado por la Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, haciendo llegar el reporte y la constancia de haber realizado el análisis con el software de verificación de similitud al proyecto de tesis presentado por el (la) **Bach. PAUCAR NAVARRO KEYSI KAREN (Autor).**

CONSIDERANDO:
Que, mediante Resolución Rectoral N° 011-R-UNICA-2024 de fecha 10 de enero de 2024, se encarga como Decano interino de la Facultad de Farmacia y Bioquímica al **Dr. FELIPE ARTEMIO SURCO LAOS.**

Que, la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", es una unidad fundamental de organización, formación académica y profesional integrada por profesores y estudiantes, la misma que es autónoma en lo académico, administrativo, económico y normativo que le autoriza la Constitución Política del Estado, así mismo conforme a la Ley Universitaria N° 30220 y su Estatuto.

Que, el Reglamento de Grados Académicos y Títulos Profesionales, aprobado con RR. N° 048-R-UNICA-2021 (25-01-2021), establece que, para la obtención del Título Profesional mediante Tesis, el Bachiller debe cumplir con el desarrollo de un proyecto de tesis, con el asesor designado.

Que, habiendo presentado el (la): **Bach. PAUCAR NAVARRO KEYSI KAREN (Autor),** su solicitud pidiendo aprobación de Proyecto y Asesor con fecha 30 de enero de 2024, Exp. N° 637, se acuerda aceptar la propuesta de asesor a la **Mg. ROSARIO FLOR DE MARÍA RAMOS GAMARRA;** con Oficio N° 270-UI-CI-FFB-UNICA-2024 de fecha 02 de febrero de 2024, quien debe coordinar y revisar el proyecto enviando un documento que está apto para pasar el antiplagio de acuerdo al Artículo 32.- Procedimiento para la obtención del Título profesional donde señala que el proyecto de tesis pase por el sistema antiplagio, y una vez aprobada deberá ser formalizada mediante Resolución Decanal.

Que, habiéndose reunido la Comisión de Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica el día 31 de enero de 2024, se aprueba el proyecto de tesis.

Que, de acuerdo al Art° 32, inciso 10.- del Reglamento de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", Aprobado con R.R. N° 048-R-UNICA-2021 de fecha 25-01-2021; con esta aprobación, el asesorado deberá desarrollar el proyecto de tesis en un plazo mínimo de cuatro (4) meses, debiendo concluirse en un plazo máximo de dieciocho (18) meses, pudiéndose prorrogar el plazo por dos (2) meses más. Vencido el plazo, el asesorado tendrá que presentar un nuevo proyecto.

Que, mediante el Oficio N° 1571-UI-CI-FFB-UNICA-2024 de fecha 22 de julio de 2024, Exp. N° 3278 del 30 de julio de 2024; la Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, hace llegar el reporte de Antiplagio y la constancia de haber realizado el análisis con el software de verificación de similitud de fecha 18 de julio de 2024, para la emisión de la Resolución Decanal de aprobación del Proyecto de Tesis **"COMPONENTES NUTRICIONALES DE LAS SEMILLAS SECAS DE *Lupinus mutabilis* (tarwi) PRODUCIDO EN LA PROVINCIA DE PÁUCAR DEL SARA SARA AYACUCHO"** presentado por el (la) **Bach. PAUCAR NAVARRO KEYSI KAREN (Autor),** para la obtención del Título Profesional, habiendo obtenido el calificativo de Aprobado con el 8% de similitud, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 4°, inciso 4.3 del Reglamento para la Evaluación de Originalidad de los Documentos de Investigación aprobado con RR. N°1668-R-UNICA-2020 (14-12-2020) y R.R. N° 761-R-UNICA-2021 (04-05-2021) que Aprueba el uso obligatorio del servicio de iThenticate de Trnitin.

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DECANATO

Campus Universitario (Panamericana Sur Km 305) – Facultad de Farmacia y Bioquímica - ICA
Email: farmacia@unica.edu.pe

"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"

Que, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, el Decano interino haciendo uso de sus atribuciones conferidas en el Reglamento General de la Universidad, aprobado con RR N.° 027-2021-R-UNICA. Art 176. Funciones y atribuciones del decano.

SE RESUELVE:

ARTICULO 1°.- Aprobar, el Proyecto de Tesis presentado por el (la): **Bach. PAUCAR NAVARRO KEYSI KAREN (Autor), Titulado: "COMPONENTES NUTRICIONALES DE LAS SEMILLAS SECAS DE *Lupinus mutabilis* (tarwi) PRODUCIDO EN LA PROVINCIA DE PÁUCAR DEL SARA SARA AYACUCHO",** para la obtención del Título Profesional.

ARTÍCULO 2°.- Debiendo continuar desarrollando el proyecto con el asesor designado: **Mg. ROSARIO FLOR DE MARÍA RAMOS GAMARRA, con N°Orcid.org/0000-0002-2540-3151;** teniendo un periodo de 04 meses, del 30 de julio al 27 de noviembre de 2024.

ARTÍCULO 3°.- Transcribir la presente resolución a los interesados e instancias pertinentes para los fines correspondientes.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Dr. FELIPE ARTEMIO SURCO LAOS
DECANO (e)

Anexo 8. Permiso del laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

CONSTANCIA

LA DIRECTORA ACADÈMICA DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA.

HACE CONSTAR QUE LA ESTUDIANTE:

PAUCAR NAVARRO, Keysi Karen
Código N° 20164833

Se le autoriza el uso de las instalaciones del laboratorio de Farmacognosia I y II y Farmacobotanica I y II , para el desarrollo de su proyecto de tesis, el cual lleva como título Componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la provincia de Pàucar del Sara Sara- Ayacucho, y que aprobado el proyecto deberá presentar un documento con su asesor, indicando los días y horas que hará uso del laboratorio.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Ica, 05 de febrero 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Dirección de Escuela Académica
Dra. ELIZABETH JULIA MELGAR MERINO
DIRECTORA(e)

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

AT_2026-FFBB-028

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Componentes nutricionales de las semillas secas de *Lupinus mutabilis* (tarwi) producido en la provincia de Páucar del Sara Sara Ayacucho

Presentado por:

PAUCAR NAVARRO KEYSI KAREN

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA.** El resultado obtenido es 6% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20164833

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 03 de marzo de 2026

.....
Dr. PEÑA GALINDO JULIO JOSE
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

PGJJ/hadp