



**Universidad
Católica de
Santa María**

**Facultad de Ciencias Bioquímicas, Farmacéuticas y
Biotecnológicas
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

Formulación, elaboración y evaluación del lavavajillas a base de *Lupinus mutabilis* (tarwi) y *Chenopodium quinoa* (quinua)

Tesis Presentada por:

Bejarano Peraltilla, Claudia Paoli

ORCID: 0009-0004-7652-0886

Paco Valdivia, Luis Javier

ORCID: 0009-0000-8199-1333

para optar por el Título Profesional de Químico Farmacéutico

Asesora:

Mag. Marcilla Truyenque, Shaneri

ORCID: 0000-0001-9405-7216

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FARMACIA Y BIOQUIMICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 22 de Diciembre del 2025

Dictamen: 014054-C-EPFvB-2025

Visto el borrador del expediente 014054, presentado por:

2018204211 - PACO VALDIVIA LUIS JAVIER

2018220732 - BEJARANO PERALTILLA CLAUDIA PAOLI

Titulado:

**FORMULACIÓN, ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL LAVAVAJILLAS A BASE DE LUPINUS
MUTABILIS (TARWI) Y CHENOPODIUM QUINOA (QUINUA)**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

**29520165 - TORRES VELA FERNANDO ANTERO
DICTAMINADOR**



**29440909 - MOLINA RODRIGUEZ FREDY NICOLAS
DICTAMINADOR**



**43668681 - PAREDES FUENTES JULITZA LINDSEY
DICTAMINADOR**



Formulación, elaboración y evaluación del lavavajillas a base de *Lupinus mutabilis* (tarwi) y *Chenopodium quinoa* (quinua)

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	repository.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1%
4	dspace.espace.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	slidelegend.com Fuente de Internet	<1%
6	Agra, Elorm John. "Subannular Approaches for Mitral Valve Repair to Correct Functional Mitral Regurgitation.", Georgia Institute of Technology Publicación	<1%
7	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad de Alicante Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad de Cádiz Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres y docentes, quienes con su compañía, confianza y enseñanzas hicieron posible culminar esta etapa importante de nuestra formación profesional como químicos farmacéuticos.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser guía espiritual y fortaleza en cada paso de nuestro camino.

A nuestros padres por ser nuestro modelo a seguir, quienes con su amor, sacrificio y dedicación nos enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo formular, elaborar y evaluar un lavavajillas líquido a base de extractos provenientes del lavado de quinua (*Chenopodium quinoa*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*), aprovechando sus compuestos naturales con potencial tensoactivo y desinfectante. En el caso de la quinua, se empleó una solución hidroalcohólica y se realizó la escarificación del mojuelo de los granos; mientras que para el tarwi se utilizó únicamente agua destilada, aplicando un proceso de hidratación-cocción-maceración para la obtención del extracto. En una primera etapa, se realizó la identificación cualitativa de metabolitos en el extracto de tarwi mediante el uso de reactivo de Dragendorff, mostrándose una coloración rojiza-anaranjada (positiva para alcaloides) y en el extracto de quinua a través de cromatografía en capa fina, se obtuvo un Rf de 0.64, similar al valor Rf de 0.61 del estándar de saponina. Posteriormente, se procedió a la formulación del lavavajillas líquido, incorporando diferentes excipientes, tales como goma xantán, benzoato de sodio y bicarbonato de sodio entre otros, con el fin de conferirle las propiedades fisicoquímicas adecuadas para un producto de esta naturaleza. Finalmente, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos y organolépticos además de evaluar la capacidad desengrasante y desinfectante del lavavajillas. Los resultados evidenciaron que el producto formulado presentó textura medianamente viscosa, color amarillento y olor cítrico, características comparables a las de los productos comerciales. Además, se determinó que el lavavajillas elaborado posee un pH promedio de 7.53, similar al de productos comerciales, una densidad de 0.97 g/mL menor a la de productos comerciales y una viscosidad de 3291.66 cPs. Asimismo, se comprobó que los extractos de quinua exhiben una elevada capacidad espumante (55.72% de R5) y una notable eficacia desengrasante (coloración negativa en la prueba de Sudán III). Así mismo, se determinó la capacidad desinfectante del lavavajillas formulado mediante ensayos microbiológicos frente a un inóculo de cepa bacteriana, aplicando el método de recuento en placa para cuantificar la carga microbiana antes y después del tratamiento con el lavavajillas. Los resultados demostraron que el lavavajillas a base de quinua y tarwi logró una reducción significativa de microorganismos, comparable con la obtenida por los lavavajillas comerciales utilizados como referencia.

Palabras clave: Lavavajillas, quinua, tarwi.

ABSTRACT

This research aimed to formulate, develop, and evaluate a liquid dishwashing detergent based on extracts obtained from the washing of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and tarwi (*Lupinus mutabilis*), taking advantage of their natural compounds with surfactant and disinfectant potential. In the case of quinoa, a hydroalcoholic solution was used, and the scarification of the bran layer of the grains was carried out; whereas for tarwi, only distilled water was used, applying a hydration–cooking–maceration process to obtain the extract.

In the first stage, a qualitative identification of metabolites in the tarwi extract was performed using Dragendorff's reagent, showing a reddish-orange coloration (positive for alkaloids). In the quinoa extract, thin-layer chromatography was used, obtaining an R_f value of 0.64, similar to the R_f value of 0.61 of the saponin standard.

Subsequently, the formulation of the liquid dishwashing detergent was carried out, incorporating different excipients such as xanthan gum, sodium benzoate, and sodium bicarbonate, among others, in order to provide suitable physicochemical properties for this type of product.

Finally, physicochemical and organoleptic analyses were performed, in addition to evaluating the degreasing and disinfectant capacity of the detergent. The results showed that the formulated product presented a moderately viscous texture, yellowish color, and citrus odor, characteristics comparable to those of commercial products. Additionally, it was determined that the prepared detergent has an average pH of 7.53, similar to that of commercial products, a density of 0.97 g/mL (lower than that of commercial products), and a viscosity of 3291.66 cPs.

Furthermore, it was confirmed that quinoa extracts exhibit a high foaming capacity (55.72% of R₅) and a notable degreasing efficiency (negative coloration in the Sudan III test). Likewise, the disinfectant capacity of the formulated detergent was determined through microbiological assays against a bacterial inoculum, applying the plate count method to quantify the microbial load before and after treatment with the detergent. The results demonstrated that the quinoa- and tarwi-based detergent achieved a significant reduction of microorganisms, comparable to that obtained with the commercial dishwashing detergents used as reference.

Keywords: Dishwashing detergent, quinoa, tarwi.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. Marco teórico.....	5
1.1. <i>Lupinus mutabilis</i> “Tarwi”.....	5
1.1.1. Descripción botánica.....	5
1.1.2. Bioactivos.....	11
1.1.3. Actividad desinfectante.....	12
1.2. <i>Chenopodium quinoa</i> “Quinoa”.....	13
1.2.1. Descripción botánica.....	13
1.2.2. Composición química.....	18
1.2.3. Bioactivos.....	19
1.2.4. Actividad tensioactiva.....	20
1.3. Lavavajillas líquidos.....	21
1.3.1. Antecedentes históricos.....	21
1.3.2. Lavavajillas modernos.....	22
1.3.3. Mecanismo de acción de lavavajillas.....	23
CAPÍTULO II.....	24
1. Materiales y métodos.....	25
1.1. Lugar de ejecución.....	25

1.2.	Materiales	25
1.2.1.	Materiales de laboratorio.....	25
1.2.2.	Equipos de laboratorio	26
1.2.3.	Reactivos	26
1.2.4.	Cepas microbianas.....	27
1.3.	Métodos	27
1.3.1.	Recolección de la materia prima	27
1.3.2.	Obtención de los extractos	27
1.3.3.	Identificación de metabolitos	28
1.3.4.	Formulación	30
1.3.5.	Evaluación de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos.....	32
1.3.6.	Evaluación de la actividad desengrasante y desinfectante	34
CAPÍTULO III		38
1.	Resultados y Discusiones.....	39
1.1.	Identificación de metabolitos.....	39
1.1.1.	Alcaloides.....	39
1.1.2.	Saponinas	40
1.2.	Formulación del lavavajillas liquido experimental (LLE)	41
1.3.	Evaluación de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos	42
1.3.1.	Parámetros organolépticos	42
1.3.2.	Parámetros fisicoquímicos	43
1.4.	Actividad desengrasante	49
1.4.1.	Poder espumante	49
1.4.2.	Presencia de lípidos.....	52
1.5.	Actividad desinfectante	53
1.5.1.	<i>Staphylococcus aureus</i>	54

1.5.2. <i>Bacillus subtilis</i>	57
1.5.3. <i>Pseudomona aeruginosa</i>	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la <i>Lupinus mutabilis</i> “Tarwi”	5
Tabla 2 Taxonomía de <i>Cheponodium quinoa</i> “Quinoa”	13
Tabla 3 Características de cada componente en un lavavajillas	23
Tabla 4 Listado de excipientes y extractos	41
Tabla 5 Resultados determinación de pH lavavajillas comerciales y experimental.....	43
Tabla 6 Análisis de varianza de un factor del pH	44
Tabla 7 Resultados determinación de densidad lavavajillas comerciales y experimental	45
Tabla 8 Análisis de varianza de un factor de la densidad	45
Tabla 9 Resultados determinación de viscosidad lavavajillas comerciales y experimental....	46
Tabla 10 Análisis de varianza de un factor de viscosidad	47
Tabla 11 Múltiples comparaciones del examen de viscosidad.....	47
Tabla 12 Resultados determinación del poder espumante lavavajillas comerciales y experimental.....	49
Tabla 13 Análisis de varianza de un factor del poder espumante.....	50
Tabla 14 Múltiples comparaciones del examen del poder espumante	50
Tabla 15 Resultados determinación de presencia de lípidos lavavajillas comerciales y experimental.....	52
Tabla 16 Recuento de microorganismos en superficie para <i>Staphylococcus aureus</i>	53
Tabla 17 Recuento de microorganismos en superficies para <i>Bacillus subtilis</i>	53
Tabla 18 Recuento de microorganismos en superficies para <i>Pseudomona aeruginosa</i>	54
Tabla 19 Análisis de varianza de un factor para <i>Staphylococcus aureus</i>	54
Tabla 20 Múltiples comparaciones de recuento microbiano para <i>Staphylococcus aureus</i>	55
Tabla 21 Análisis de varianza de un factor para <i>Bacillus subtilis</i>	57
Tabla 22 Múltiples comparaciones para recuento microbiano para <i>Bacillus subtilis</i>	58
Tabla 23 Análisis de varianza de un factor para <i>Pseudomona aeruginosa</i>	61
Tabla 24 Múltiples comparaciones para recuento microbiano para <i>Pseudomona aeruginosa</i>	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esparteína.....	11
Figura 2 Lupininina.....	11
Figura 3 Saponinas triterpenoides	19
Figura 4 Equipo para análisis de poder espumante	34
Figura 5 Ejemplificación resultado positivo y negativo reactivo Sudán III.....	35
Figura 6 Ejemplificación hisopado de superficies	37
Figura 7 Resultados prueba reactivo de Dragendorff.....	39
Figura 8 Resultados TLC para identificación de saponinas	40
Figura 9 Intervalos de confianza de la viscosidad.....	48
Figura 10 Intervalos de confianza del poder espumante	51
Figura 11 Intervalos de confianza para <i>Staphylococcus aureus</i>	56
Figura 12 Intervalos de confianza para <i>Bacillus subtilis</i>	59
Figura 13 Intervalos de confianza para <i>Pseudomona aeruginosa</i>	62

INTRODUCCIÓN

La higiene en la manipulación de alimentos es fundamental para prevenir (ETA) enfermedades transmitidas por alimentos, las cuales representan un problema de salud pública a nivel mundial. La OPS (Organización Panamericana de Salud) recalca la necesidad de mantener limpias todas las superficies de cocina que estarán en contacto directo con los alimentos, incluido utensilios y vajillas, ya que una limpieza inadecuada servirá como un reservorio para la proliferación de microorganismos, que a su vez podrán causar eventualmente enfermedades en las personas; esta es una de las “10 reglas de oro” que presenta la OMS para la preparación higiénica de los alimentos (1). Bajo esta premisa, el uso de lavavajillas para el adecuado lavado de utensilios de cocina es esencial para garantizar la inocuidad alimentaria.

En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y búsqueda de alternativas sostenibles para el hogar, la elaboración de productos de limpieza a partir de recursos naturales y renovables cobra una relevancia cada vez mayor (2). Entre estos productos, los lavavajillas líquidos ocupan un lugar esencial, ya que son de uso cotidiano y su composición química convencional suele tener un impacto negativo tanto en la salud humana como en el medio ambiente (3).

Frente a esta problemática, surge la necesidad de desarrollar alternativas más sostenibles, como un lavavajillas líquido experimental. En particular de origen natural a partir de cultivos andinos como la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*), como una propuesta innovadora y funcional (4,5). En este sentido, la quinua (*Chenopodium quinoa*) y el tarwi (*Lupinus mutabilis*), cultivos andinos de gran valor nutricional, generan durante su proceso de lavado compuestos como saponinas, conocidas por sus propiedades tensoactivas, espumantes y alcaloides con propiedades desinfectantes (6,7). Estas características las convierten en potenciales materias primas para la formulación de un producto de limpieza. Durante el proceso de lavado el desamargado, comúnmente considerado un subproducto no utilizable, es transformado en esta propuesta en un insumo base para la elaboración de un lavavajillas, reduciendo así el desperdicio y añadiendo valor a procesos agrícolas locales (8).

Por lo tanto, el presente proyecto de tesis se enfoca en la formulación, elaboración y evaluación de un lavavajillas líquido a base de extractos provenientes del lavado de quinua y tarwi, con el propósito de desarrollar un producto eficaz en la remoción de suciedad y microorganismos, amigable con el medio ambiente y que contribuya al aprovechamiento de residuos agroindustriales.

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Formular y elaborar un lavavajillas a base de *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Y *Chenopodium quinoa* “quinua”

Objetivos específicos

1. Evaluar los parámetros fisicoquímicos y organolépticos del lavavajillas formulado y elaborado a base de granos de *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Y *Chenopodium quinoa* “quinua”
2. Evaluar la actividad desengrasante del lavavajillas elaborado a base de granos de *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Y *Chenopodium quinoa* “quinua”
3. Evaluar la actividad desinfectante del lavavajillas elaborado a base de granos de *Lupinus mutabilis* “tarwi”. Y *Chenopodium quinoa* “quinua” frente a microorganismos mesófilos aerobios.

HIPÓTESIS

Dada la presencia de saponinas en el desamargado de la quinua y de alcaloides en el tarwi, los cuales podrían presentar capacidades desengrasante y desinfectante, es posible realizar la elaboración y formulación de un lavavajillas líquido a base de *Lupinus mutabilis* “tarwi” y *Chenopodium Quinoa* “quinua” y evaluar el producto final.





CAPÍTULO I

1. Marco teórico

1.1. *Lupinus mutabilis* “Tarwi”

Tabla 1 Taxonomía de la *Lupinus mutabilis* “Tarwi”

División	Tracheophyta
Clase	Angiospermae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosa (Fabaceae)
Sub Familia	Papilionacea (Faboideae)
Tribu	Genisteae
Genero	Lupinus
Especie	Lupinus mutabilis

* The New York Botanical Garden, (9).

1.1.1. Descripción botánica

El tarwi es una especie que, en la mayoría de los casos, presenta un ciclo de vida anual y un hábito de crecimiento erecto, características que influyen directamente en su manejo agronómico y en su adaptación a distintos entornos. Su desarrollo se concentra en un solo periodo vegetativo, durante el cual completa todas las fases de su ciclo biológico, desde la germinación hasta la producción de semillas, lo que lo convierte en un cultivo de rápido establecimiento y aprovechamiento. La altura de la planta es variable y está estrechamente relacionada con las condiciones ambientales en las que se desarrolla, así como con factores como la disponibilidad de nutrientes, el régimen hídrico y la densidad de siembra. En condiciones promedio, el tarwi suele alcanzar aproximadamente 0,8 metros de altura, lo que facilita su manejo en campo. No obstante, cuando crece en ambientes favorables y con un adecuado suministro de recursos, algunos ejemplares pueden desarrollar un porte considerablemente mayor, llegando incluso a alcanzar hasta dos metros. Esta variabilidad morfológica refleja la capacidad de la especie para adaptarse a distintos contextos de cultivo y responder de manera eficiente a las condiciones del medio en el que se establece. (9).

1.1.1.1. Raíz

Este órgano cumple una función fundamental tanto de sostén como de conducción de la savia, ya que permite el transporte continuo de agua y nutrientes minerales desde el suelo hacia el resto de los órganos de la planta, asegurando así su correcto crecimiento y desarrollo. Su estructura está adaptada para brindar estabilidad a la planta y facilitar la conexión entre el sistema radicular y la parte aérea. Se distingue por presentar un sistema radicular de considerable grosor y de tipo pivotante, característica que favorece una adecuada penetración en el suelo y una mayor eficiencia en la absorción de recursos. Uno de los rasgos más destacados de este sistema es la presencia de numerosos nódulos en las raíces, los cuales pueden alcanzar un peso aproximado de 50 g por planta, evidenciando una intensa actividad biológica a nivel subterráneo. En dichos nódulos se alojan bacterias del género *Rhizobium*, responsables de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, un proceso de gran importancia agronómica. Gracias a esta simbiosis, la planta contribuye con un aporte estimado de entre 40 y 80 kg/ha de nitrógeno al sistema productivo, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes nitrogenados externos. En la mayoría de las variedades, la planta presenta un tallo principal único, generalmente de forma cilíndrica, el cual actúa como eje estructural y soporte de las demás partes aéreas. En algunos casos, este tallo puede mostrar una ligera aplanación, sin que ello altere de manera significativa su función. No obstante, existe una notable variabilidad en la arquitectura de la planta, que puede manifestarse tanto en la presencia como en la ausencia de un tallo principal claramente definido. Asimismo, se observan diferentes grados de ramificación, que van desde individuos con escasa o nula ramificación hasta aquellos que presentan pocas ramas secundarias o una ramificación abundante. Esta diversidad morfológica influye en el porte de la planta y en su comportamiento productivo, reflejando la capacidad de adaptación de la especie a distintas condiciones de crecimiento y manejo agrícola (9).

1.1.1.2. Hojas

Presentan una morfología laminar de tipo digitado, rasgo distintivo que define la organización general de las hojas y su disposición sobre la planta. El número de folíolos es variable y puede oscilar entre cinco y doce, lo que refleja cierta plasticidad morfológica asociada al desarrollo de la especie y a las condiciones en las que crece. Estos folíolos se caracterizan por su forma oblonga, con bordes bien definidos y una superficie relativamente uniforme, lo que contribuye de manera significativa a la conformación y estructura de la hoja en su conjunto. La disposición digitada de los folíolos favorece una adecuada exposición a la luz, optimizando los procesos fisiológicos relacionados con la fotosíntesis, mientras que la forma oblonga aporta equilibrio y uniformidad al follaje. En conjunto, estas características confieren a las hojas una arquitectura particular que influye en el aspecto general de la planta y en su eficiencia funcional (9).

1.1.1.3. Inflorescencia

Se trata de un racimo terminal, en el cual las flores se disponen de manera verticilada a lo largo del eje floral, otorgándole una organización ordenada y compacta. Este tipo de inflorescencia favorece una distribución equilibrada de las flores y contribuye a la uniformidad visual de la planta durante el periodo de floración. Cada flor presenta una longitud aproximada de 1,2 cm y exhibe la morfología característica de las papilionáceas, rasgo típico de este grupo vegetal. La corola está compuesta por cinco pétalos claramente diferenciados, entre los cuales se distinguen un estandarte de mayor tamaño, dos alas laterales y dos pétalos inferiores que, al unirse, forman la estructura conocida como quilla. La quilla cumple un papel relevante, ya que envuelve y protege a los órganos reproductivos, incluyendo el pistilo y los diez estambres, asegurando así el correcto desarrollo del proceso reproductivo. Esta disposición interna es fundamental para la eficiencia de la polinización y la posterior formación de frutos. En una sola planta pueden llegar a desarrollarse más de mil flores, lo que evidencia un alto potencial reproductivo. Los pétalos de estas flores presentan una amplia variabilidad cromática, que puede abarcar tonalidades que van desde el blanco y el crema hasta el azul y el púrpura. Esta diversidad de colores no solo aporta un valor estético considerable, sino que también puede influir en la atracción de agentes polinizadores y en la adaptación de la especie a distintos entornos (10).

1.1.1.4. Fruto

El fruto está conformado por una vaina ligeramente dehiscente, característica que permite su apertura parcial al alcanzar la madurez, facilitando la liberación de las semillas. En el interior de esta vaina, las semillas se disponen de manera ordenada en una sola hilera, lo que evidencia una organización estructural definida y constante dentro del fruto. El tamaño de las semillas es variable, con dimensiones que oscilan entre 4 y 15 mm, lo que refleja la diversidad existente entre distintos individuos y variedades. Desde el punto de vista morfológico, las semillas presentan una amplia gama de formas, que pueden ser elipsoidales o lenticulares, aunque también se observan semillas de aspecto más redondeado. En otros casos, los bordes se encuentran más marcados, adquiriendo una apariencia semicuadrada, lo que incrementa la heterogeneidad morfológica del conjunto. La coloración de las semillas es altamente variable y constituye uno de los rasgos más distintivos del fruto. Se pueden encontrar tonalidades que incluyen blanco, gris, baya, marrón y negro, así como combinaciones de colores que dan lugar a patrones marmoteados. En particular, algunas semillas de color blanco presentan manchas de tonalidades contrastantes, las cuales pueden adoptar formas diversas y bien definidas, como cejas, bigotes, crecientes, medias lunas o incluso pequeñas punteaduras. Esta variabilidad en forma y coloración no solo aporta valor descriptivo a la especie, sino que también permite diferenciar materiales genéticos y variedades dentro del cultivo (9).

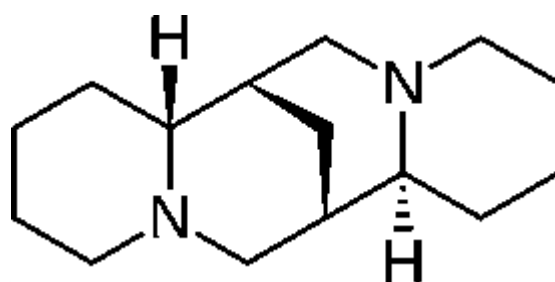
1.1.1.5. Distribución

Se trata de una planta cuyo origen se sitúa en la región de los Andes Centrales, área que ha constituido históricamente su principal espacio de domesticación y aprovechamiento. Su distribución tradicional se concentra, sobre todo, en países como Perú, Bolivia, Chile, Ecuador y el noroeste de Argentina, donde ha sido cultivada y conservada por comunidades locales a lo largo de generaciones. En el continente americano se reconocen dos grandes centros de concentración de especies del género *Lupinus*, los cuales resultan clave para comprender la diversidad genética y la distribución del cultivo. El primero de estos centros se localiza en California, en los Estados Unidos, y se caracteriza por una elevada diversidad y un alto número de especies silvestres, lo que lo convierte en una región de gran interés botánico. El segundo centro corresponde a la región andina central, que se extiende desde el sur de Colombia hasta Bolivia, donde el cultivo se mantiene principalmente en sistemas agrícolas tradicionales y en pequeñas parcelas. En esta región andina, las áreas de siembra se ubican mayoritariamente en las zonas medias de los valles interandinos, a altitudes que varían entre los 2 200 y 3 500 metros sobre el nivel del mar. Estas condiciones altitudinales influyen directamente en el desarrollo de la planta y en la selección de variedades adaptadas a climas templados-fríos y a una marcada variabilidad ambiental. Entre los principales espacios de cultivo y, a su vez, centros de diversidad, se incluyen el Valle del Mantaro y el Valle del Vilcanota, así como las zonas de Ayacucho y Abancay en el Perú. En Bolivia, destacan regiones como Cochabamba, Potosí y Sucre, donde el cultivo continúa teniendo importancia a nivel local. En el entorno del Lago Titicaca, el cultivo se concentra principalmente en las provincias de Yunguyo y Pomata, en el Perú. En estas zonas, la planta se desarrolla en suelos de textura arenosa y a una altitud aproximada de 3 800 metros sobre el nivel del mar. Las variedades cultivadas en este entorno se caracterizan por su alta tolerancia a las bajas temperaturas y por un crecimiento precoz, rasgos que les permiten adaptarse a condiciones climáticas rigurosas y a periodos vegetativos relativamente cortos (11).

1.1.1.6. Composición química

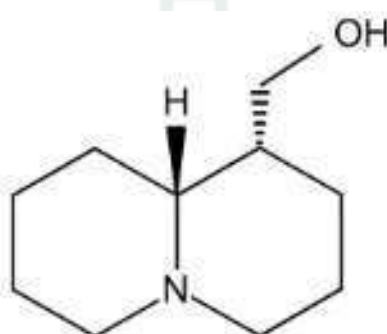
Lupinus mutabilis ha sido reconocido históricamente por su elevado valor nutricional, lo que ha despertado un notable interés tanto a nivel tradicional como científico. Este reconocimiento se debe, principalmente, a su alto contenido de proteínas, el cual alcanza aproximadamente el 38,9 %, posicionándolo como una fuente proteica vegetal de gran relevancia. Asimismo, presenta un contenido significativo de lípidos, estimado en alrededor del 17,1 %, lo que contribuye de manera importante a su aporte energético total. Como consecuencia de esta composición, la semilla aporta un valor energético considerable, calculado en aproximadamente 411 calorías por cada 100 g, lo que la convierte en un alimento de alta densidad nutricional. Estas características explican su uso histórico como recurso alimenticio en diversas poblaciones andinas, donde ha formado parte de la dieta en distintas preparaciones, una vez tratado adecuadamente. No obstante, a pesar de sus beneficios nutricionales, la especie presenta también una proporción significativa de alcaloides, cuyo contenido varía entre 3,5 % y 4,2 %. Estos compuestos resultan responsables del sabor amargo característico de la semilla y, además, impiden su consumo directo, haciendo indispensable la aplicación de un proceso previo de eliminación para garantizar su aptitud alimentaria y su inocuidad. Entre los principales alcaloides identificados en el chocho se encuentra la lupinina, que representa alrededor del 46 % del contenido total, seguida de la esparteína, con aproximadamente un 14 %, y la 4-hidroxlupinina, que constituye cerca del 10 %. En proporciones menores se hallan otros compuestos, como la isolupinina y la n-metilangustifolina, cada una con valores cercanos al 3 %, así como la 13-hidroxlupinina, que corresponde a alrededor del 1 % del total de alcaloides. La presencia y distribución de estos compuestos justifican la necesidad de tratamientos tradicionales y tecnológicos destinados a su eliminación, permitiendo así aprovechar plenamente el alto valor nutricional de la semilla (7).

Figura 1 Esparteína



* Blohm, (12).

Figura 2 Lupininina



* Blohm, (12).

1.1.2. Bioactivos

El tarwi, identificado científicamente como *Lupinus mutabilis*, posee diversos metabolitos y compuestos bioactivos que han sido asociados con propiedades antidiabéticas de relevancia. Entre estos se encuentran los péptidos, los polifenoles y algunos alcaloides quinolizidínicos, como la lupinina, los cuales contribuyen a la regulación de los niveles de glucosa en sangre. Esta capacidad reguladora explica su efectividad potencial en el tratamiento de la Diabetes mellitus tipo 2, ya que favorece un mejor control glucémico y apoya el equilibrio metabólico del organismo. Asimismo, el tarwi destaca por su elevado contenido de compuestos antioxidantes, entre los que se incluyen los ácidos fenólicos, los flavonoides, la vitamina E y nuevamente ciertos alcaloides, como la lupinina. Estos compuestos cumplen un papel fundamental en la protección celular, al actuar como agentes neutralizadores de los radicales libres. De esta manera, contribuyen a reducir el daño oxidativo y a preservar la integridad de las células, lo cual resulta clave para el mantenimiento de la salud a largo plazo. De forma complementaria, se reconoce que el alto valor nutricional de esta planta favorece de manera significativa la

capacidad del organismo para responder frente a infecciones y posibles contagios de enfermedades agudas. Su aporte de nutrientes esenciales fortalece los mecanismos de defensa del cuerpo, apoyando el correcto funcionamiento del sistema inmunológico. En conjunto, estas propiedades posicionan al tarwi no solo como un alimento de alto valor nutricional, sino también como un recurso de interés funcional en el cuidado y la protección de la salud (13).

1.1.3. Actividad desinfectante

El tarwi, correspondiente a la especie *Lupinus mutabilis*, presenta una capacidad desinfectante notoria, atribuida principalmente a la presencia de alcaloides en su composición química. Diversos estudios han demostrado que estos compuestos poseen actividad inhibitoria frente a distintos microorganismos, lo que ha despertado un creciente interés en su potencial uso dentro del ámbito de la investigación biomédica. Entre los alcaloides más relevantes destacan la lupinina y la esparteína, los cuales han sido señalados como los principales responsables de esta actividad antibacteriana. Si bien el mecanismo de acción específico de estos compuestos aún no se encuentra completamente dilucidado, investigaciones científicas, como las publicadas por la Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, coinciden en que su efecto podría estar relacionado con la alteración de la permeabilidad de la membrana bacteriana. Asimismo, se plantea que estos alcaloides también podrían intervenir en la inhibición de procesos metabólicos esenciales para la supervivencia y multiplicación de las bacterias. En particular, se ha reportado que la esparteína presenta una mayor eficacia frente a cepas del género *Mycobacterium*, mostrando una acción inhibitoria más marcada, especialmente contra *Mycobacterium tuberculosis* y *Mycobacterium phlei*, además de afectar el crecimiento bacteriano de *Staphylococcus aureus*. Estos hallazgos sugieren una selectividad importante de este alcaloide frente a determinados grupos bacterianos, lo que refuerza su relevancia desde el punto de vista científico (14).

Por su parte, la lupinina podría considerarse como un compuesto de mayor espectro de acción, ya que se ha observado una actividad antibacteriana significativa frente a bacterias como *Bacillus Subilitis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*. Esta amplitud en su efecto inhibitorio resalta el potencial del tarwi como una fuente natural de compuestos bioactivos con propiedades antibacterianas, consolidando su importancia no solo en el ámbito nutricional, sino también en el contexto de la

investigación científica orientada al desarrollo de alternativas frente a agentes patógenos (15).

1.2. *Chenopodium quinoa* “Quinoa”

Tabla 2 Taxonomía de *Chenopodium quinoa* “Quinoa”

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Sub Familia	Chenopodioideae
Tribu	Chenopodieae
Genero	Chenopodium
Especie	Chenopodium Quinoa

* The New York Botanical Garden, (9).

1.2.1. Descripción botánica

1.2.1.1. Raíz

Presenta una estructura altamente fibrosa, característica que le permite proporcionar un adecuado sostén a la planta y garantizar su estabilidad a lo largo del ciclo de crecimiento. Esta conformación estructural favorece una correcta fijación al suelo y contribuye a que la planta pueda mantenerse erguida incluso durante etapas avanzadas de desarrollo. No obstante, en condiciones de exceso de humedad, la eficiencia de este sistema puede verse comprometida. La saturación del suelo reduce la capacidad de anclaje de las raíces, lo que incrementa el riesgo de vuelco de la planta, especialmente cuando actúan factores externos como vientos intensos. Esta situación puede afectar negativamente el crecimiento y el rendimiento del cultivo, evidenciando la importancia de un manejo adecuado del suelo y del drenaje. Cuando el sistema radicular alcanza su completo desarrollo, puede profundizar hasta

aproximadamente 1,50 m, lo que refleja una notable capacidad de exploración del perfil del suelo. Esta profundidad depende en gran medida de las características físicas y del tipo de suelo en el que la planta se establezca, ya que suelos sueltos y bien estructurados favorecen un mayor desarrollo radicular. En conjunto, estas particularidades permiten a la planta acceder a recursos hídricos y nutricionales ubicados en capas más profundas, contribuyendo a su adaptación y estabilidad en diversos ambientes de cultivo. (9).

1.2.1.2. Tallo

El tallo presenta una forma cilíndrica durante las primeras etapas de desarrollo, característica típica de las plantas jóvenes, cuando los tejidos aún se encuentran en proceso de diferenciación y crecimiento activo. A medida que la planta avanza hacia la madurez, este órgano adquiere un aspecto más anguloso, reflejando cambios estructurales asociados al fortalecimiento de los tejidos de sostén. La porción interna del tallo, correspondiente a la médula, es blanda en las plantas jóvenes, lo que le confiere cierta flexibilidad durante las fases iniciales del desarrollo. No obstante, con el progreso del crecimiento, esta médula se transforma gradualmente, volviéndose esponjosa y hueca, generalmente de color crema. Este cambio morfológico está vinculado a la maduración de la planta y a la necesidad de mantener un equilibrio entre resistencia mecánica y ligereza estructural. En las condiciones propias del altiplano sur, la planta puede alcanzar una altura aproximada de 1,80 m, lo que evidencia su capacidad de adaptación a ambientes de elevada altitud y condiciones climáticas particulares. Asimismo, el hábito de crecimiento es variable, pudiendo presentarse desde individuos con un solo tallo principal bien definido hasta variedades que desarrollan una abundante ramificación. Esta variabilidad en la arquitectura del tallo influye directamente en el porte de la planta y en su comportamiento agronómico, permitiendo diferenciar distintos tipos de crecimiento dentro de la misma especie (9).

1.2.1.3. Hojas

Las hojas presentan un marcado carácter polimorfo dentro de una misma planta, lo que evidencia una notable variabilidad morfológica asociada a su posición y grado de desarrollo. Las hojas basales se caracterizan por una forma romboide bien definida, mientras que las hojas superiores, ubicadas en las proximidades de la inflorescencia, adoptan una morfología lanceolada, generalmente más estrecha y alargada. Esta diferenciación responde a cambios funcionales y estructurales a lo largo del eje de la planta. En las hojas jóvenes, la lámina foliar se encuentra recubierta por una pubescencia de tipo granuloso-vesiculoso, la cual se distribuye principalmente en el envés y, en algunos casos, también puede observarse en el haz. Esta cubierta epidérmica no es uniforme en todas las variedades, ya que puede variar tanto en densidad como en coloración, presentándose desde tonalidades blancas hasta matices rojo-púrpuras. No obstante, existen variedades que carecen completamente de pubescencia, lo que refleja nuevamente la diversidad morfológica del cultivo. La coloración del follaje también es variable según la variedad, observándose tonalidades que van desde un verde claro hasta un verde oscuro, lo cual puede estar influenciado por factores genéticos y ambientales. A medida que la planta avanza hacia la madurez fisiológica, las hojas experimentan un cambio progresivo de color, adoptando tonalidades amarillas, rojas o púrpuras. Este proceso culmina con la senescencia y la posterior caída de las hojas basales, fenómeno propio de las etapas finales del ciclo vegetativo. Asimismo, las hojas contienen células con un alto contenido de oxalato de calcio, lo que les confiere un aspecto particular, similar al de estar cubiertas por una fina arenilla brillante. Estos cristales cumplen una función fisiológica importante, ya que favorecen la absorción y retención de la humedad atmosférica, contribuyendo al mantenimiento de la turgencia celular. Además, desempeñan un papel protector frente a condiciones ambientales adversas, como las bajas temperaturas y las heladas, lo que resulta especialmente relevante en zonas de cultivo de alta altitud (9).

1.2.1.4. La inflorescencia

La inflorescencia es de tipo racimosa y, debido a la disposición particular de sus flores a lo largo del eje principal, recibe la denominación de panoja. Esta estructura constituye uno de los rasgos más representativos de la planta y presenta una marcada variabilidad morfológica, lo que influye directamente en su comportamiento productivo. Se distinguen dos tipos fundamentales de panoja. La panoja glomerulada se caracteriza por una mayor densidad floral, con flores agrupadas de manera compacta, lo que le confiere un aspecto más cerrado. Por otro lado, la panoja amarantiforme se distingue porque el eje glomerular se origina directamente a partir del eje principal, dando lugar a una estructura más abierta y alargada. Ambas formas pueden considerarse expresiones de la diversidad estructural de la inflorescencia. Tanto la panoja glomerulada, considerada la forma más primitiva, como la amarantiforme pueden presentarse en disposición laxa o compacta. Estas diferencias en la compactación, junto con la longitud total de la panoja, mantienen una estrecha relación con el rendimiento del cultivo. En general, las inflorescencias más densas y de mayor tamaño tienden a concentrar un mayor número de flores fértiles, lo que se traduce en una mayor producción de grano. En condiciones favorables, las panojas pueden alcanzar hasta 70 cm de longitud y llegar a producir rendimientos aproximados de 220 g de grano por planta, lo que evidencia la importancia de esta estructura reproductiva en la productividad final. Por esta razón, las características morfológicas de la inflorescencia son consideradas criterios relevantes en la evaluación agronómica del cultivo. Las flores de la quinua son incompletas, ya que carecen de pétalos, y presentan una organización simple pero funcional. Pueden ser de tipo pistilado, es decir, exclusivamente femeninas, o hermafroditas, al poseer simultáneamente órganos masculinos y femeninos. Esta diversidad floral dentro de la inflorescencia favorece la reproducción de la especie y contribuye a la estabilidad de la producción en diferentes condiciones ambientales (9).

1.2.1.5. Fruto

El fruto corresponde a un aquenio, el cual suele ser denominado de manera incorrecta como grano o seudocereal, debido principalmente a su uso y aprovechamiento alimentario. Desde el punto de vista botánico, esta clasificación resulta más precisa, ya que el aquenio es un fruto seco, indehiscente, que contiene una sola semilla y no se abre de forma natural al alcanzar la madurez. Este fruto presenta un perigonio que se desprende con relativa facilidad durante los procesos de cosecha o poscosecha, lo que permite dejar expuestas las estructuras internas. Asimismo, se distinguen claramente dos capas bien definidas: el episperma externo y el perisperma interno. Estas capas cumplen funciones protectoras y de reserva, y se caracterizan por encontrarse fuertemente adheridas entre sí y al fruto propiamente dicho. La estrecha unión entre el episperma y el perisperma hace que su separación resulte compleja, lo que representa un aspecto relevante desde el punto de vista del procesamiento y la transformación del fruto. Estas particularidades estructurales influyen tanto en las propiedades físicas del aquenio como en las técnicas necesarias para su adecuado aprovechamiento, y constituyen un rasgo distintivo dentro de la morfología del fruto (16).

1.2.1.6. Distribución

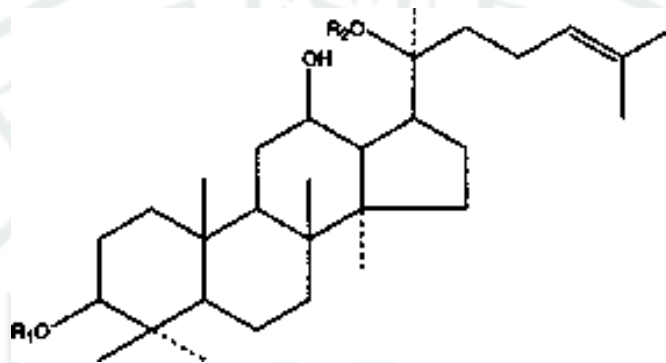
Es una especie nativa del altiplano andino, región geográfica que comparten Argentina, Bolivia, Chile y Perú. En este espacio de elevada altitud y condiciones climáticas particulares, la especie encontró un ambiente favorable para su desarrollo, adaptación y posterior aprovechamiento por parte de las poblaciones humanas. La domesticación y el cultivo de esta planta se remontan a épocas prehispánicas, cuando las antiguas culturas andinas que habitaron estos territorios reconocieron su valor alimenticio y su capacidad de adaptación a suelos pobres y climas adversos. A lo largo del tiempo, estas sociedades desarrollaron conocimientos y prácticas agrícolas que permitieron su conservación y mejora, integrándola de manera estable en sus sistemas productivos. Este prolongado proceso de selección y manejo tradicional contribuyó a la diversificación de la especie y a su arraigo cultural en la región andina. Como resultado, el cultivo no solo adquirió importancia desde el punto de vista nutricional, sino también un valor histórico y cultural significativo, reflejando la estrecha relación entre las comunidades prehispánicas y los recursos vegetales propios del altiplano andino (16).

1.2.2. Composición química

Chenopodium quinoa, conocida comúnmente como quinoa, y en particular el mojuelo o cáscara que recubre al grano, presentan una composición nutricional aproximada de gran relevancia desde el punto de vista alimentario y funcional. Este perfil ha sido ampliamente valorado debido a su equilibrio entre macronutrientes y micronutrientes, lo que explica su creciente interés a nivel científico y nutricional. El contenido proteico de la quinoa oscila entre el 12 % y el 18 %, destacándose no solo por su cantidad, sino también por su calidad, ya que aporta todos los aminoácidos esenciales necesarios para el organismo humano. Esta característica la diferencia de muchos cereales tradicionales y la posiciona como una fuente proteica vegetal de alto valor biológico, especialmente importante en dietas con bajo consumo de proteínas de origen animal. Los carbohidratos constituyen el componente mayoritario de su composición, representando entre el 58 % y el 64 %, siendo el almidón el principal responsable de este aporte. Este almidón contribuye de manera significativa al suministro energético y presenta una digestibilidad adecuada, lo que favorece su aprovechamiento metabólico. En menor proporción, también se encuentran otros carbohidratos estructurales que complementan su perfil nutricional. En cuanto a los lípidos, la quinoa contiene entre un 4 % y un 8 %, destacándose por una elevada proporción de ácidos grasos insaturados. Entre ellos predominan el ácido oleico y el ácido linoleico, compuestos que cumplen un papel importante en la salud cardiovascular y en el mantenimiento de funciones celulares esenciales. La fracción de fibra dietaria varía entre el 7 % y el 10 % e incluye tanto fibra soluble como insoluble. Esta combinación favorece el correcto funcionamiento del sistema digestivo, contribuye a la regulación del tránsito intestinal y participa en el control de parámetros metabólicos, como la glucosa y el colesterol en sangre. Respecto a los micronutrientes, la quinoa constituye una fuente importante de minerales, entre los que destacan el calcio, hierro, magnesio, fósforo y zinc, todos ellos esenciales para múltiples procesos fisiológicos. Asimismo, aporta vitaminas como la vitamina E y varias del complejo B, entre ellas B1, B2, B6 y ácido fólico, las cuales intervienen en el metabolismo energético y en el adecuado funcionamiento del sistema nervioso. Finalmente, la quinoa posee compuestos secundarios de interés, entre los que sobresalen las saponinas, principalmente de tipo triterpenoide. Estos

compuestos se concentran mayormente en la cáscara o mojuelo y pueden encontrarse en proporciones que varían entre 0,1 % y 5 %. Si bien las saponinas cumplen funciones protectoras para la planta, su presencia hace necesario un proceso de eliminación previo al consumo, lo que permite aprovechar plenamente el alto valor nutricional del grano (16).

Figura 3 Saponinas triterpenoides



* Zhu et al, (17).

1.2.3. Bioactivos

Chenopodium quinoa se caracteriza por un elevado contenido proteico, en el cual predominan fracciones como las albúminas, globulinas y glutelinas. Estas proteínas poseen un perfil aminoacídico balanceado y aportan una cantidad significativa de aminoácidos esenciales, los cuales resultan fundamentales para los procesos de crecimiento, mantenimiento y reparación del tejido muscular. Además, estas fracciones proteicas contribuyen de manera directa al fortalecimiento del sistema inmunológico, apoyando la respuesta del organismo frente a diversos agentes externos. Asimismo, la quinua desempeña un papel importante en el control de los niveles de colesterol en sangre, propiedad que se atribuye principalmente a su contenido relevante de fibra soluble. Esta fracción de fibra se estima entre 1,5 y 2,5 g por cada 100 g de grano y actúa favoreciendo la reducción de la absorción de colesterol a nivel intestinal. A este efecto se suma la presencia de grasas saludables, las cuales no solo contribuyen a la regulación del perfil lipídico, sino que también constituyen una fuente adecuada y equilibrada de energía para el organismo (18).

Por otro lado, esta planta destaca por su aporte de minerales esenciales como magnesio, potasio, zinc y hierro. Estos micronutrientes cumplen funciones clave en numerosos procesos fisiológicos, entre ellos la transmisión nerviosa, la contracción muscular y el mantenimiento del equilibrio electrolítico. Su consumo regular se asocia con la prevención de diversas afecciones vinculadas tanto al sistema cardiovascular como al sistema nervioso, contribuyendo al bienestar general del organismo. Finalmente, uno de los beneficios más relevantes de la quinua es su bajo índice glucémico. Esta característica implica que su consumo no provoca incrementos bruscos de los niveles de glucosa en la sangre, favoreciendo una liberación progresiva de energía. Por esta razón, la quinua es considerada un alimento especialmente recomendado para personas con sobrepeso, obesidad o diabetes, ya que contribuye al control metabólico y al mantenimiento de niveles glucémicos estables (14).

1.2.4. Actividad tensioactiva

La capacidad surfactante o tensioactiva que presenta la quinua se debe fundamentalmente a la presencia de saponinas en los granos, las cuales se concentran principalmente en el mojuelo o cascarilla que los recubre. Estos compuestos secundarios poseen una naturaleza anfipática, es decir, presentan simultáneamente una porción hidrofílica y otra hidrofóbica, característica que les confiere propiedades superficiales de gran interés. Gracias a esta estructura química, las saponinas tienen la capacidad de formar micelas en medios acuosos. En estas micelas, las fracciones hidrofóbicas se orientan hacia el interior, atrapando moléculas de grasa, mientras que las porciones hidrofílicas permanecen en contacto con el agua. Como resultado, durante el enjuague de una superficie, el agua es capaz de arrastrar la grasa retenida en el interior de las micelas, facilitando así la remoción de suciedad y actuando de manera similar a los detergentes convencionales. Tal como lo señala la Revista de Biocatálisis y Biotecnología Agrícola, los biosurfactantes de origen vegetal, como las saponinas presentes en la quinua, representan una alternativa altamente prometedora frente a los tensioactivos químicos de síntesis. Esto se debe no solo a su eficacia funcional, sino también a su origen natural y a su menor impacto ambiental. En este contexto, el aprovechamiento de las saponinas de la quinua adquiere especial relevancia, ya que permite valorizar subproductos como la cascarilla, que tradicionalmente es

descartada. De este modo, la quinua no solo destaca por su valor nutricional, sino también por su potencial aplicación en ámbitos industriales y biotecnológicos, consolidándose como una fuente sostenible de compuestos con propiedades tensioactivas y con amplias posibilidades de uso (19).

1.3. Lavavajillas líquidos

1.3.1. Antecedentes históricos

Durante siglos, y hasta los primeros años del siglo XX, la limpieza de platos y utensilios de cocina se realizaba principalmente mediante el uso de jabones sólidos elaborados a partir de grasas animales o vegetales. Estos productos se obtenían por procesos tradicionales de saponificación y constituían la principal alternativa disponible para las tareas domésticas de limpieza, tanto en los hogares como en pequeños establecimientos. Esta situación comenzó a modificarse de manera significativa a raíz de la Primera Guerra Mundial. Durante este periodo se produjo una fuerte escasez de grasas animales, ya que estas materias primas fueron priorizadas para otros usos estratégicos, como la alimentación y la industria bélica. Como consecuencia de esta limitación, surgió la necesidad de desarrollar sustitutos que no dependieran de recursos de origen animal o vegetal, lo que impulsó la investigación y la producción de detergentes sintéticos elaborados a partir de derivados del petróleo. A partir de este punto, la industria de los productos de limpieza experimentó un avance notable. Durante las décadas siguientes, especialmente hacia los años 50, aparecieron los primeros lavavajillas líquidos de uso doméstico. Estos productos ofrecían una mayor practicidad, mejor capacidad desengrasante y una aplicación más sencilla en comparación con los jabones sólidos tradicionales. Inicialmente, los lavavajillas líquidos se difundieron principalmente en Estados Unidos y en distintos países de Europa, donde el desarrollo industrial y el cambio en los hábitos de consumo favorecieron su rápida adopción. Entre las marcas más reconocidas de esta etapa se encuentran Palmolive, Fairy y Joy, las cuales se consolidaron como referentes en el mercado y marcaron el inicio de una nueva era en los productos destinados a la limpieza doméstica (20).

1.3.2. Lavavajillas modernos

Los primeros lavavajillas líquidos demostraron ser efectivos para la remoción de grasa y suciedad durante su uso cotidiano; sin embargo, también presentaban efectos adversos debido a la incorporación de sustancias químicas que resultaban poco saludables para el ser humano. En muchos casos, estas formulaciones priorizaban la eficacia inmediata del producto sin considerar de manera suficiente sus posibles impactos sobre la salud de los usuarios. A pesar de que ha transcurrido más de medio siglo desde su introducción al mercado, algunas empresas continúan utilizando formulaciones similares a las empleadas en sus inicios, o bien incorporan compuestos con características muy parecidas. Esto se traduce en el uso de tensioactivos o surfactantes de elevada potencia, cuyo objetivo principal es generar grandes cantidades de espuma, ya que esta suele asociarse erróneamente con una mayor capacidad de limpieza por parte del consumidor. No obstante, el empleo de estos surfactantes fuertes puede tener consecuencias negativas a largo plazo, especialmente sobre la piel. Un ejemplo representativo es el lauril sulfato de sodio, un compuesto ampliamente utilizado por su alto poder detergente y espumante, pero que puede provocar irritación cutánea, resequedad y alteraciones en personas con piel sensible cuando existe una exposición frecuente. A ello se suma la formulación de productos con valores de pH excesivamente básicos. Si bien un pH elevado incrementa la eficacia desengrasante, también puede alterar la barrera protectora natural de la piel, debilitando su función como defensa frente a agentes externos. Esta alteración favorece la pérdida de humedad, incrementa la sensibilidad cutánea y puede desencadenar procesos de irritación o incomodidad tras el contacto repetido con el producto. En conjunto, estos aspectos evidencian que la efectividad de un lavavajillas no siempre está asociada a su inocuidad. Por el contrario, el uso prolongado de formulaciones agresivas pone de manifiesto la necesidad de desarrollar alternativas más equilibradas, que mantengan un adecuado poder de limpieza sin comprometer la salud de la piel ni el bienestar del usuario (21).

1.3.3. Mecanismo de acción de lavavajillas

Se muestra un listado de los componentes de un lavavajillas y su mecanismo de acción:

Tabla 3 Características de cada componente en un lavavajillas

INGREDIENTE	FUNCIÓN	ACCIÓN DURANTE EL LAVADO
Tensioactivos (surfactantes)	Principales agentes limpiadores	Rompen la tensión superficial del agua. Su parte lipofílica se adhiere a la grasa, y la parte hidrofílica se une al agua, formando micelas. Así, emulsifican la grasa y la eliminan.
Agentes quelantes	Ablandan el agua dura	Atrapan iones de calcio y magnesio presentes en el agua. Esto evita que se formen residuos calcáreos (sarro o suciedad) y mejora la eficacia del tensioactivo.
Conservantes	Previenen crecimiento microbiano	Evitan que se formen bacterias o mohos en el producto durante su almacenamiento.
Colorantes y fragancias	Atractivo sensorial	Mejorarán el olor y color del producto final.
Agentes humectantes y suavizantes (como glicerina o aloe vera)	Cuidan la piel	Reducen el efecto reseca de los tensioactivos. Protegen las manos durante el uso frecuente.
Reguladores de pH	Mantienen el pH adecuado	Aseguran que el producto no sea demasiado ácido o básico, para proteger tanto la piel como los utensilios y aumentar la capacidad desengrasante.
Estabilizantes o espesantes (como cloruro de sodio, goma Xantán)	Mejoran la textura del producto	Dan consistencia al líquido, para que no sea ni demasiado líquido ni demasiado espeso.

*** Elaboración propia.**



CAPÍTULO II

1. Materiales y métodos

1.1. Lugar de ejecución

Se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Católica de Santa María, pabellón H laboratorio 103 Arequipa – Perú.

1.2. Materiales

1.2.1. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado de 50 mL
- Vasos de precipitado de 500 mL
- Probetas de 100 mL
- Probetas de 500 mL
- Pipetas graduadas de vidrio de 5 mL
- Pipetas graduadas de vidrio de 10 mL
- Bagueta de vidrio
- Cernidores de metal
- Embudo de vidrio
- Papel filtro
- Soporte universal
- Espátula
- Pinzas
- Fiolas de 50 mL
- Cuba pequeña para cromatografía
- capilares
- Placas Petri descartables
- Frascos de vidrio autoclavables de 100mL
- Frascos de vidrio autoclavables de 1000mL
- Picnómetro de vidrio

1.2.2. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica PA214 (Ohaus)
- Termómetro de Mercurio
- Hornilla Electrica
- Equipo viscosímetro DV-e (Brookfield)
- Potenciometro (Jenway)
- Jeringas de 5 y 10 ml (Alkofarma)
- Lámpara UV
- Equipo de Baño María
- Micropipetas de 1000uL
- Autoclave Lavoklab 80M-ECO
- Incubadora memert
- Refrigeradora
- Cabina de flujo laminar

1.2.3. Reactivos

- Etanol 96% (Alkofarma)
- Diclorometano (HiMEDIA)
- Agua destilada (UCSM)
- Glicerina (Quimicos y Laboratorios Valencia Llerena)
- Goma Xantán (Bob's Red Mill)
- Benzoato de sodio (UCSM)
- Sudan III (Quimicos y Laboratorios Valencia Llerena)
- Reactivo de Dragendorff (Quimicos y Laboratorios Valencia Llerena)
- Agar Caso (Merck)
- Caldo Caso (Merck)

1.2.4. Cepas microbianas

- Pseudomona paraeruginosa ATCC 9027
- Bacillus subtilis ATCC 6633
- Staphylococcus aureus ATCC 6538

1.3. Métodos

1.3.1. Recolección de la materia prima

Los granos de Quinoa se obtuvieron de la ciudad de La Paz el 12 de febrero del 2025, de los proveedores del Mercado de las brujas. Para el Tarwi se optó por contactar a un proveedor que abastecía al mercado central de Trujillo, desde la provincia de Otuzco en la Libertad, y los granos fueron recepcionados el día 25 de febrero del 2025. Esto debido a que consideramos nuestra investigación como la continuación de otros aquellos enfocados en cuantificar estos metabolitos (22 y 24)

1.3.2. Obtención de los extractos

1.3.2.1. Quinoa

Posterior a una primera limpieza, se pesaron 2 kilogramos de quinoa para su extracción. Se realizó la escarificación en una solución EtOH: H₂O en proporciones 50:50, ya que, según Lozano et al, las saponinas podrán disolverse mucho más rápido y fácil debido a su naturaleza anfipática al contener en su estructura molecular partes hidrofílicas e hidrofóbicas (22). Además, según Ahumada et al, la escarificación en vía húmeda será esencial para retirar el mojuelo o cáscara de los granos de quinoa, ya que es en ellos donde estará la mayor cantidad de saponinas (23).

Se sometió a los granos a la escarificación o frotado de unos con otros manualmente por aproximadamente 5 minutos divididos en 4 grupos de 500 ml de solución para 500 gramos de quinoa. Una vez terminada la escarificación, se reservaron los 2 litros de desamargado en depósitos de vidrio.

1.3.2.2. Tarwi

El proceso de extracción de los granos de tarwi se desarrolló en 3 etapas: hidratación, cocción y maceración. Inició con la limpieza y pesado de los granos, donde se utilizó 2 kilogramos de tarwi, los cuales fueron hidratados en 2 litros de agua destilada durante 13 horas. Luego continuó la etapa de cocción cuya duración fue de 1 hora. Según Aguilar, la cocción de los granos de Tarwi

ayudará a inactivar las enzimas germinativas y deterioradoras (lipasas, lipooxigenasas), lo que a su vez disminuirá la carga microbiana superficial, coagular las proteínas y permitirá la salida de los alcaloides mediante el aumento de la permeabilidad de la pared celular. Finalmente, la maceración se realizó en un periodo de 72 horas, obteniéndose el extracto de tarwi, con posible presencia de alcaloides para la posterior formulación del lavavajillas experimental (24). Según Carvajal et al, la extracción de alcaloides utilizando agua destilada se fundamenta en la polaridad de este solvente durante esta extracción, la cual favorece la disolución de compuestos iónicos y polares, como los alcaloides presentes en el *Lupinus mutabilis* (25). Gracias a su alta constante dieléctrica, el agua destilada actúa eficazmente como medio de extracción, permitiendo la ruptura de enlaces intermoleculares entre los alcaloides y la matriz vegetal, facilitando así su liberación y posterior recuperación.

1.3.3. Identificación de metabolitos

1.3.3.1. Alcaloides

Para la identificación cualitativa de este metabolito se utilizó el reactivo de Dragendorff, el cual tiene la capacidad de colorear una solución de un color rojiza-anaranjada en caso exista la presencia de Alcaloides. Según Vargas, estos últimos son compuestos con un grupo amino terciario (R_3N) que actúan como una base. El grupo amino reacciona con el ion tetrayodobismutato de potasio del reactivo, formando un precipitado insoluble de bismuto-alcaloide (26). Se realizó este examen al extracto de Tarwi para determinar la presencia de alcaloides, al extracto de Quinoa, a un blanco con la formulación del detergente con todos sus excipientes que se verá posteriormente sin las soluciones mencionadas previamente un control negativo utilizando únicamente agua. Se le agregó 5 gotas del reactivo de Dragendorff a cada solución, se agitó cada tubo de ensayo y se esperó a obtener la coloración esperada.

1.3.3.2. Saponinas

Para determinar la presencia de saponinas en el extracto de quinua se realizó cromatografía en capa fina. Este método permite la identificación cualitativa de metabolitos en una muestra. Se fundamenta en la separación de los componentes de una muestra por polaridad mediante una fase móvil y una fase estacionaria.

Para el ensayo se utilizó diclorometano y etanol en una proporción 8:2 para la fase móvil, la fase estacionaria constó de una placa silica gel. Esto debido a que según Hajnos (27), esta solución presenta la polaridad adecuada para arrastrar las saponinas en la fase estacionaria. Seguidamente, se preparó la muestra y un estándar de saponina para sembrar en la placa silica gel y comparar el recorrido de estas y determinar el factor de retención Rf. Se utiliza esta solución ya que representa una con la polaridad suficiente para arrastrar las saponinas en la fase estacionaria.

Se colocó en una cuba cromatográfica 3 ml de la fase móvil (por debajo de la línea de siembra de la placa silica) a continuación se colocó la placa silica gel ya sembrada con el estándar y muestra, se tapó la cuba y se esperó hasta que la fase móvil haya recorrido hasta 0.5cm antes del borde superior de la placa en ese momento se retiró la placa silica gel y se marcó la línea final del recorrido de la fase móvil, se dejó secar por unos minutos. Por último, se realizó el revelado en cámara de luz UV a 254nm.

1.3.4. Formulación

Para la elaboración del lavavajillas líquido se utilizó el manual según el repositorio de la Universidad de los Andes en Venezuela, de la facultad de ingeniería química quienes a su vez utilizaron la Farmacopea USP como base para su propia formulación ya que representaba una guía técnica valiosa para el desarrollo de un lavavajillas propio a base de ingredientes naturales, aunado al uso de excipientes químicos simples y económicos que aportan las características fisicoquímicas y organolépticas requeridas para nuestro producto final (28).

He aquí las concentraciones necesarias para 750 ml de formulación:

- Extracto de quinua (Agente Tensioactivo): 35%
- Extracto de tarwi (Líquido lavavajillas, actividad antibacteriana): 48%
- Benzoato de Sodio (Preservante): 5%
- Bicarbonato de Sodio (Quelante, regulador de pH y potenciador de espuma): 5%
- Fragancia de Limón (corrector de la olor y color): 0.5%
- Goma Xantán (viscosante): 1%
- Agua destilada: C.S.P

La formulación se inició utilizando el extracto de Quinoa como agente disolvente de toda la formulación, siendo de 35%:

$$\text{Volumen de extracto de quinua} = \frac{35}{100} \times 750 = 262.5 \text{ mL}$$

Se le agregó 5% bicarbonato de sodio, siendo el cálculo para un total de 750 ml. Además, se hizo la conversión de gramos de bicarbonato de sodio a su equivalente en mililitros, teniendo en cuenta que su densidad es de 2.2 g/ml:

$$\text{Volumen (mL)} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{Densidad (g/mL)}} = \frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 750 \text{ mL} = 37.5 \text{ g}$$
$$mL = \frac{37.5}{2.2} \approx 17.05 \text{ mL}$$

Posterior a eso, se agregó el extracto de alcaloides de tarwi, siendo 48%:

$$\text{Volumen de extracto de tarwi} = \frac{48}{100} \times 750 = 360 \text{ mL}$$

Seguidamente la fragancia de limón tuvo una concentración del 0.5%:

$$\frac{0.5}{100} \times 750 \text{ mL} = 3.75 \text{ mL}$$

A continuación, se añadió la goma xantán en pequeñas cantidades y mediante agitación vigorosa se disolvió para evitar que las partículas queden grumosas y que queden coagulada como un precipitado. El manual indico que se necesitará 1%, igualmente se hizo su conversión a mililitros sabiendo que su densidad es de 1.5 g/ml:

$$\frac{1 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 750 \text{ mL} = 7.5 \text{ g}$$

$$\text{Volumen} = \frac{7.5}{1.5} = 5 \text{ mL}$$

El benzoato de sodio se añadió, 5% de la solución fue necesario. Se realizó la conversión sabiendo que su densidad era de 1.32 g/ml:

$$\frac{5 \text{ g}}{100 \text{ mL}} \times 750 \text{ mL} = 37.5 \text{ g}$$

$$\text{Volumen} = \frac{37.5}{1.32} \approx 28.41 \text{ mL}$$

Una vez terminado se le agregó la cantidad suficiente de agua destilada para alcanzar los 750 ml.

1.3.5. Evaluación de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos

1.3.5.1. Parámetros organolépticos

Se determinó las características organolépticas: color, olor y aspecto o textura del líquido lavavajillas colocándolos dentro de un beaker.

Para la evaluación del olor, la identificación de los líquidos lavavajillas experimental y comerciales fue llevada a cabo a través de una observación olfativa, valiéndose únicamente del sentido del olfato para su apreciación.

Para la determinación del color, únicamente fue utilizado el sentido de la vista para determinar que tonalidad tenían estos productos.

Finalmente, para la identificación del aspecto o textura, fue utilizado el tacto para determinar si las sustancias contaban con una consistencia parecida a las de productos comerciales similares o no.

1.3.5.2. Parámetros fisicoquímicos

Se optó por tres exámenes fisicoquímicos debido a que eran los de mayor relevancia y presencia en las fichas técnicas de los diversos lavavajillas comerciales a comparar.

- La medición del pH fue hecha a través del uso de un potenciómetro Jenway a 25 °C previamente calibrado; los análisis tanto de los productos comerciales como el nuestro se realizaron por triplicado. En un Beaker se colocó el producto a la temperatura indicada y se sumergió el electrodo para determinar su pH.
- Se midió la densidad con ayuda de un picnómetro de vidrio de capacidad de 25mL. Primero se realizó la calibración, midiendo el peso del picnómetro vacío y seco, luego se pesó el picnómetro con agua destilada a 25°C para así poder determinar el volumen del picnómetro.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Por tanto:

$$\rho_{\text{agua}} = \frac{\text{peso picnómetro lleno} - \text{peso picnómetro vacío}}{\text{volumen}}$$

Despejando el volumen es igual a:

$$V = \frac{\text{peso picnómetro lleno} - \text{peso picnómetro vacío}}{\rho_{\text{agua 25}^\circ\text{C}}}$$

$$V = \frac{23.60 \text{ g} - 13.16 \text{ g}}{0.997 \text{ g/ml}}$$

$$V = \frac{10.44 \text{ g}}{0.997 \text{ g/ml}}$$

$$V = 10.47 \text{ mL}$$

Posteriormente se realizó el pesado de cada uno de los lavavajillas en el picnómetro y se procedió a realizar los cálculos correspondientes para obtener así la densidad de dichos lavavajillas. Los análisis se realizaron por triplicado.

- La Viscosidad fue determinada a partir de un equipo viscosímetro digital DV-e (Brookfield); se utilizó el spindle 03 idóneo para medir la viscosidad de un lavavajillas líquido, a 30 RPM. Se colocó en un beaker cada lavavajillas y se midió la viscosidad de cada uno de ellos. Los análisis se realizaron por triplicado. Se consideró el porcentaje del torque para la certeza de la medición de las viscosidades.

1.3.6. Evaluación de la actividad desengrasante y desinfectante

1.3.6.1. Actividad desengrasante

Se decidió realizar 2 exámenes complementarios para determinar la actividad desengrasante del producto final:

1.3.6.1.1. Poder espumante y presencia de lípidos

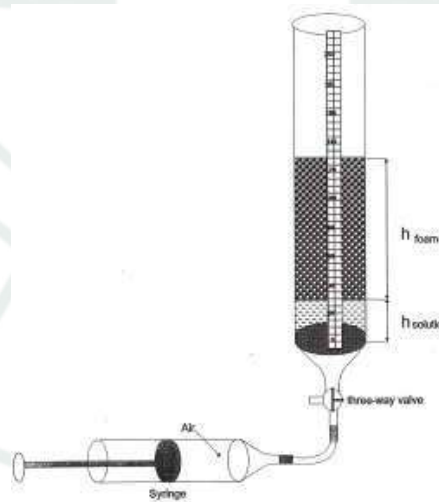
Ya que permiten evaluar tanto la eficacia visual como funcional del producto. La potencia espumante ayuda a distribuir los agentes limpiadores y mejora la percepción de limpieza, mientras que el Sudan III permite verificar si realmente se están eliminando las grasas presentes en las vajillas.

1.3.6.1.1.1. Poder espumante

Según Lunkenheimer, K; Malysa, K este examen se utiliza para estudiar el proceso de formación y estabilidad de la espuma. Se midió observando cuánto tiempo persiste la espuma antes de colapsar (29).

El examen se realizó en una columna graduada a la que se le aplicó 100 mL de aire introducidos por una vía de ingreso de 5 mm de diámetro por 20 segundos tal y como se observa en la figura 4:

Figura 4 Equipo para análisis de poder espumante



* Lunkenheimer; Malysa, (29).

Los resultados se obtienen usando la siguiente fórmula para obtener la R5:

$$R_5 = \frac{h_5}{h_0} \times 100$$

Donde R5= Factor de estabilidad de la espuma.

h5= Altura de la columna a los 5 minutos.

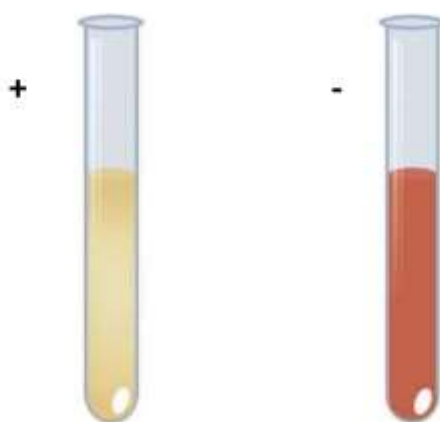
h0= Altura inicial de la columna.

El estudio se hizo a 4 soluciones por separado, ya que se revisó la capacidad de hacer espuma de 50 ml del Extracto de Tarwi, 50 ml del Extracto de Tarwi, de una solución blanco en la que estarán el resto de excipientes a utilizar y de agua destilada para demostrar que reactivos son los causantes de mayor o único poder espumante.

1.3.6.1.1.2. Presencia de lípidos

Como reactivo para determinar la presencia de lípidos, se utilizó como examen colorimétrico el reactivo Sudán III. La tinción Sudán III es una prueba cualitativa de laboratorio rápida, económica y fácil de realizar, que, aunque se usa generalmente para determinar lípidos o grasas en las heces humanas y animales, también puede colaborar en la detección de estas moléculas en soluciones simples (30).

Figura 5 Ejemplificación resultado positivo y negativo reactivo Sudán III



*** imagen referencial**

Para este análisis se utilizaron 2 soluciones a comparar: el LLE (Líquido Lavavajillas Experimental) y uno de sus equivalentes comerciales (Ayudin) para usar de contraste, además de un control positivo en donde no se utilizó ningún producto lavavajillas y un control negativo en el que solo se utilizaría el Sudán III.

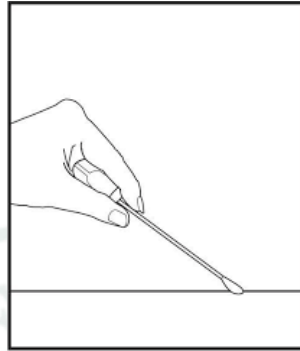
Para cada solución a analizar se ensucio un plato de porcelana con aceite de cocina, se dejó reposar por 1 minuto y se procedió a lavar cada plato con cada solución, excepto los controles positivos y negativos los cuales el primero no se lavó y el segundo no fue expuesto al aceite. Una vez lavado cada plato, se restregó el centro de cada uno con un hisopo, se colocaron estos en un beaker y se les añadió de 10 a 15 gotas de Sudán III donde se agitó la cabeza del hisopo en el reactivo de manera vigorosa por 30 segundos. Terminado el proceso se observaron los resultados.

1.3.6.2. Actividad desinfectante

Se determinó la capacidad desinfectante a través de la prueba de recuento microbiológico, por el método de hisopado de superficies que permite conocer la reducción de microorganismos en un área determinada frente a la exposición de un inóculo y la posterior aplicación del desinfectante en este caso el lavavajillas elaborado.

Se seleccionó el método de hisopado por ser el más adecuado para superficies inertes regulares e irregulares, tales como tablas de picar, bandejas, platos, mesas de trabajo, utensilios, cuchillas de equipos, cortadora de embutidos, cortadora de pan de molde, fajas transportadoras, tolvas, mezcladoras, pisos, paredes y otros. Consiste en realizar la frotación de un área establecida de muestreo con un hisopo estéril humedecido en una solución diluyente (31).

Figura 6 Ejemplificación hisopado de superficies



*** Elaboración propia.**

La prueba se realizó en platos de porcelana previamente inoculadas con cultivos de microorganismos, platos lavados con el lavavajillas elaborado y platos lavados con blanco (excipientes del lavavajillas).

Se realizó el hisopado de un área de 5x5 cm de las superficies. Se colocó los hisopos en tubos de ensayo con Caldo Caso y se incubaron por 24h a 32.5 °C, se procedió con la siembra de 1 ml de caldo caso en contacto con el hisopo en placas Petri. Se realizó la incubación de las placas con Agar Caso a 32.5°C invertidas por 72 h. cumplido el tiempo de incubación se realizó la lectura de las placas en un Contador Automático de Colonias.



CAPÍTULO III

1. Resultados y Discusiones

1.1. Identificación de metabolitos

1.1.1. Alcaloides

Después de realizar la prueba con reactivo de Dragendorff por triplicado, se obtuvieron los siguientes resultados: Positivo para presencia de alcaloides en el extracto de tarwi, negativo para presencia de alcaloides en el extracto de saponinas, blanco y agua destilada (control negativo).

Figura 7 Resultados prueba reactivo de Dragendorff



*** Elaboración propia.**

Según Añamuro, Carmen, la identificación de Alcaloides en esta planta mediante Dragendorff es válida y útil, ya que al igual que en nuestro trabajo de investigación, aquí también se coloreó de color rojizo- anaranjado la solución, dando positivo a presencia de Alcaloides (32).

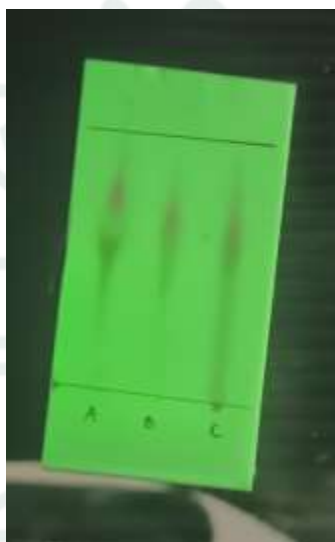
1.1.2. Saponinas

Luego de utilizar el método de cromatografía en capa fina los resultados obtenidos fueron: Columna A corresponde al extracto de quinua, la distancia recorrida por la mancha fue de 3.2 cm (dm), el recorrido de la fase móvil fue de 4.9 cm (ds), obteniéndose un Rf de 0.65; la columna B obtuvo un Rf de 0.63, ya que el recorrido de la mancha fue de 3.1 cm:

$$R_{fA} = \frac{3.2}{4.9} = 0.65$$

$$R_{fB} = \frac{3.1}{4.9} = 0.63$$

Figura 8 Resultados TLC para identificación de saponinas



*** Elaboración propia.**

El estándar de saponinas ofreció un Rf de 0.61, siendo su dm de 3 cm y el ds general de 4.9 cm. En comparación, el estándar y nuestra muestra ofrecieron resultados similares, indicándose así la identificación cualitativa de saponinas en nuestro extracto de quinua.

1.2. Formulación del lavavajillas líquido experimental (LLE)

Se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 4 Listado de excipientes y extractos

Excipientes	Cantidades
Extracto de Quinoa	262.5 ml
Extracto de Tarwi	360 ml
Bicarbonato de Sodio	37.5 g \approx 17.05 ml
Benzoato de Sodio	37.5 g \approx 28.41 ml
Fragancia de Limón	3.75 ml
Goma Xantán	7.5 g \approx 5 ml
Sub total	676.71 ml
Agua destilada C.S.P 750 ml	73.29

*** Elaboración propia.**

Se obtuvo un producto final de 750 ml con posible capacidad desengrasante y desinfectante. Esto puede deberse a la presunta presencia de Alcaloides como la Esparteína y Lupinina en el Tarwi con capacidad desinfectante y de las saponinas probablemente existentes en el extracto de Quinoa con características desengrasantes.

En comparación, según García et al, se llegaron a extraer saponinas triterpenoides de un fruto de *Sapindus saponaria* (amole) y se utilizaron para la producción en masa de un detergente líquido biodegradable y al igual que en nuestra formulación, las saponinas demuestran ser una especie con propiedades adecuadas para la limpieza doméstica y casera (33). Además, Wink et al, consiguió extraer en conjunto los alcaloides presentes, entre ellos la Esparteina y Lupinina de otra planta también del género *Lupinus* como es el *Lupinus albus* (Altramuz blanco) (34). Afortunadamente en esta investigación también se plantea el uso de este tipo de alcaloides en la formulación de productos cardiotónicos y desinfectantes.

1.3. Evaluación de los parámetros organolépticos y fisicoquímicos

1.3.1. Parámetros organolépticos

1.3.1.1. Examen de olor

Se examinó el olor de nuestro lavavajillas líquido experimental obteniéndose un producto con aroma cítrico, esto gracias al añadido de fragancia de limón que aportaba esta característica.

Estas particularidades serán esenciales para los consumidores, ya que, según Roque, Georges et al. los olores agradables como el aroma cítrico atraerán la idea de limpieza y frescura que buscan las empresas al fabricar lavavajillas atractivos (35).

1.3.1.2. Examen de color

El color del producto final formulado fue amarillo pálido; afortunadamente según Roque, Georges, estas tinciones son consideradas llamativas para los consumidores, así como las fragancias cítricas, estas también se verán relacionadas con ideas de frescura y limpieza (35).

1.3.1.3. Examen de aspecto

Se examinó el aspecto del Lavavajillas líquido experimental. Los resultados obtenidos fueron: una consistencia densa y una textura viscosa, además de no presentar sobrenadantes y/o precipitados.

Fortuitamente, texturas de este estilo aumentarán y mejorarán el manejo del producto, ya que se desperdiciará menos y solamente se usará la cantidad adecuada según Martínez et al. (36). Además, según González, M; Ruiz, A, el hecho de tener esta característica optimizará su rendimiento ya que tendrá una mejor adherencia y cobertura en la superficie en la que estemos trabajando lo cual le permitirá al tensiactivo utilizado adherirse y remover mejor a las grasas presentes (37).

1.3.2. Parámetros fisicoquímicos

1.3.2.1. pH

Se examinó el pH de 3 lavavajillas comerciales con respecto a el Lavavajillas líquido experimental:

Tabla 5 Resultados determinación de pH lavavajillas comerciales y experimental

Exámenes pH				
Examen/ nombre	Sapolio	Ayudín	Cif	LLE
pH1	6.5	6.1	6.7	6.8
pH2	7.2	6.5	7.2	7.7
pH3	7.7	6.7	7.5	8.1
PROMEDIO	7.13	6.43	7.13	7.53

*** Elaboración propia.**

Se obtuvo como pH promedio un resultado ligeramente alcalino, esto debido a la presencia del bicarbonato de sodio en la formulación preliminar, ya que el Ph de los extractos de Quinoa y Tarwi inicialmente resultan ser ácidos, será este componente el que de esta característica.

Según algunas patentes solicitadas por P&G (38) un pH ligeramente alcalino (entre 7 y 9.5) ayudará a eliminar grasas y restos orgánicos sin ser corrosivos para la piel ni para los utensilios o superficies que estemos limpiando.

Tabla 6 Análisis de varianza de un factor del pH

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1.88	3	0.63	2.36	0.15	4.07
Dentro de los grupos	2.13	8	0.27			
Total	4.01	11				

*** Elaboración propia.**

Los valores de pH promedio obtenidos fueron de 7.13 para Sapolio, 6.43 para Ayudín, 7.13 para Cif y 7.53 para el producto LLE. Si bien estos promedios numéricos muestran variaciones, donde el LLE presenta el valor más alcalino y el Ayudín el menos alcalino, el Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor demostró que no existe evidencia estadística para afirmar que estas diferencias sean significativas.

El análisis estadístico arrojó un valor del estadístico F de 2.36, el cual resultó ser inferior al valor crítico de F de 4.07 requerido para un nivel de significancia del 5% ($p = 0.15$). En consecuencia, el ANOVA no permite rechazar la hipótesis nula, lo que se interpreta como que las medias de pH de los cuatro productos evaluados son estadísticamente iguales.

1.3.2.2. Densidad

Se examinó la densidad de 3 lavavajillas comerciales con respecto a el Lavavajillas liquido experimental:

Tabla 7 Resultados determinación de densidad lavavajillas comerciales y experimental

Exámenes Densidad				
Examen/ nombre	Sapolio	Ayudín	Cif	LLE
Densidad 1	1.023 g/ml	1.028 g/ml	1.040 g/ml	0.91 g/ml
Densidad 2	1.032 g/ml	1.037 g/ml	1.047 g/ml	1.010 g/ml
Densidad 3	1.040 g/ml	1.048 g/ml	1.050 g/ml	1.015 g/ml
PROMEDIO	1.031 g/ml	1.037 g/ml	1.045 g/ml	0.97 g/ml

*** Elaboración propia.**

Obtuvimos una densidad de 0.97 g/ml, lo cual en comparación a los productos comerciales es relativamente cercano. Esto se debe a la presencia en correctas cantidades de la goma xantán la cual dará esta característica. Nuevamente según una patente solicitada por P&G (38) los valores típicos en este tipo de productos serán de entre 1 y 1.10 g/ml a 25 °C.

Tabla 8 Análisis de varianza de un factor de la densidad

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.01	3	0.003	3.02	0.09	4.07
Dentro de los grupos	0.01	8	0.001			
Total	0.02	11				

*** Elaboración propia.**

Los valores de densidad promedio obtenidos fueron de 1.031 g/ml para Sapolio, 1.037 g/ml para Ayudín, 1.045 g/ml para Cif y 0.97 g/ml para el producto LLE. A partir de estos datos, se observa que la formulación LLE presenta un valor de densidad promedio notablemente inferior al de los productos comerciales con los que se comparó.

Posteriormente, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor para establecer si las diferencias observadas en las medias de densidad entre los cuatro grupos eran estadísticamente significativas. El análisis arrojó un valor del estadístico F de 3.02, con una probabilidad asociada (valor p) de 0.09. Dado que este valor de probabilidad es superior al nivel de significancia convencional de 0.05, y que el F calculado (3.02) es menor que el Valor Crítico para F (4.07), el ANOVA no revela evidencia estadística suficiente para afirmar que existan diferencias significativas entre las densidades promedio de los cuatro productos evaluados.

1.3.2.3. Viscosidad

Se examinó la viscosidad de 3 lavavajillas comerciales con respecto a el Lavavajillas liquido experimental:

Tabla 9 Resultados determinación de viscosidad lavavajillas comerciales y experimental

Exámenes viscosidad				
Examen/ nombre	Sapolio	Ayudín	Cif	LLE
Viscosidad 1	3187 cPs	3170 cPs	3204 cPs	3195 cPs
Viscosidad 2	3100 cPs	3176 cPs	3200 cPs	3273 cPs
Viscosidad 3	3027 cPs	3175 cPs	3196 cPs	3407 cPs
PROMEDIO	3104.67 cPs	3173.67 cPs	3200 cPs	3291.66 cPs

*** Elaboración propia.**

El valor obtenido de viscosidad de nuestro producto fue de 3291.66 cPs, probablemente debido al uso en correctas cantidades de goma xantán. Además, gracias a la patente solicitada por P&G (38) se puede determinar que una viscosidad entre 800 y 3300 cPs

influirá correctamente en la dosificación y adecuada permanencia del producto en la superficie a limpiar.

Tabla 10 Análisis de varianza de un factor de viscosidad

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	937821680.56	3	312607227	72.54	9.0138E-09	3.34
Dentro de los grupos	60332791.79	14	4309485.13			
Total	998154472.35	17				

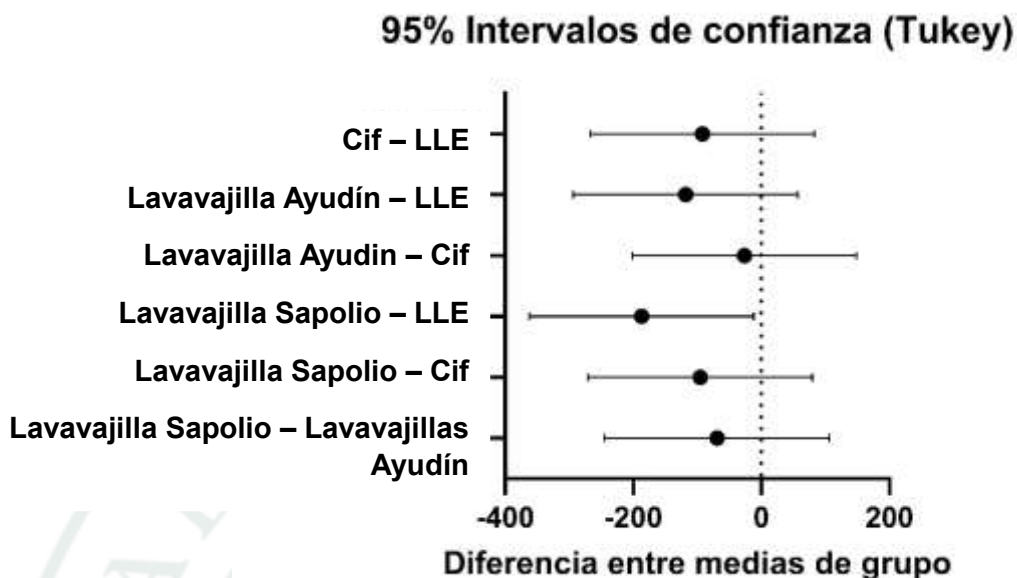
* Elaboración propia.

Tabla 11 Múltiples comparaciones del examen de viscosidad

Tukey's multiple comparisons test	Mean diff	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Sapolio vs. Ayudín	-69.00	-244.1 a 106.1	No	ns	0.6090
Sapolio vs. Cif	-95.33	-270.4 a 79.77	No	ns	0.3638
Sapolio vs. LLE	-187.0	-362.1 a -11.89	Sí	*	0.0369
Ayudín vs. Cif	-26.33	-201.4 a 148.8	No	ns	0.9611
Ayudín vs. LLE	-118.0	-293.1 a 57.11	No	ns	0.2145
Cif vs. LLE	-91.67	-266.8 a 83.44	No	ns	0.3938

* Elaboración propia.

Figura 9 Intervalos de confianza de la viscosidad



* Elaboración propia.

Los valores de viscosidad promedio obtenidos fueron de 3104.67 cPs para Sapolio, 3173.67 cPs para Ayudín, 3200.00 cPs para Cif y 3291.66 cPs para la formulación LLE. A partir de estos promedios, se observa que el producto LLE presenta el valor de viscosidad promedio más alto entre los evaluados.

Para determinar la significancia estadística de estas diferencias, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor. Este análisis reveló la existencia de una diferencia global altamente significativa entre los grupos, evidenciada por un valor del estadístico F de 72.54 y una probabilidad (valor p) de 9.01×10^{-9} , muy por debajo del umbral de significancia de 0.05.

Con el fin de identificar entre qué pares de productos residían estas diferencias, se realizó una prueba de comparaciones múltiples. El análisis detallado mostró que la única diferencia estadísticamente significativa se encontró en la comparación directa entre el producto Sapolio y la formulación LLE, con un valor p ajustado de 0.0369. Por el contrario, las comparaciones entre todos los demás pares de productos (Sapolio vs. Ayudín, Sapolio vs. Cif, Ayudín vs. Cif, Ayudín vs. LLE y Cif vs. LLE) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sus medias de viscosidad.

1.4. Actividad desengrasante

1.4.1. Poder espumante

Se utilizó los extractos de quinua y tarwi, además de un blanco con los excipientes utilizados posteriormente para la formulación y únicamente agua destilada para probar que las saponinas presentes en el extracto de Quinoa son la de mayor poder espumante, obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 12 Resultados determinación del poder espumante lavavajillas comerciales y experimental

PODER ESPUMANTE										
Solución/ cifra	h51 (cm)	h52 (cm)	h53 (cm)	h01 (cm)	h02 (cm)	h03 (cm)	R51 %	R52 %	R53 %	PROMEDIO FINAL
Extracto de Tarwi	0.4	0.5	0.7	2.7	2.9	3.1	14.81%	17.20%	22.58%	18.20%
Extracto de Quinoa	2	2.2	2.5	3.7	4	4.3	54.05%	55%	58.13%	55.72%
Blanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua destilada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*** Elaboración propia.**

El extracto de quinua obtuvo un R5 promedio de más del 50%, lo cual según Lunkenheimer y Malysa data a esta espuma formada de una correcta estabilidad química (29). Esto puede deberse a la posible presencia de saponinas en este extracto.

Tabla 13 Análisis de varianza de un factor del poder espumante

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	23144.62	3	7714.87	6.26	0.01	3.71
Dentro de los grupos	12318.33	10	1231.83			
Total	35462.96	13				

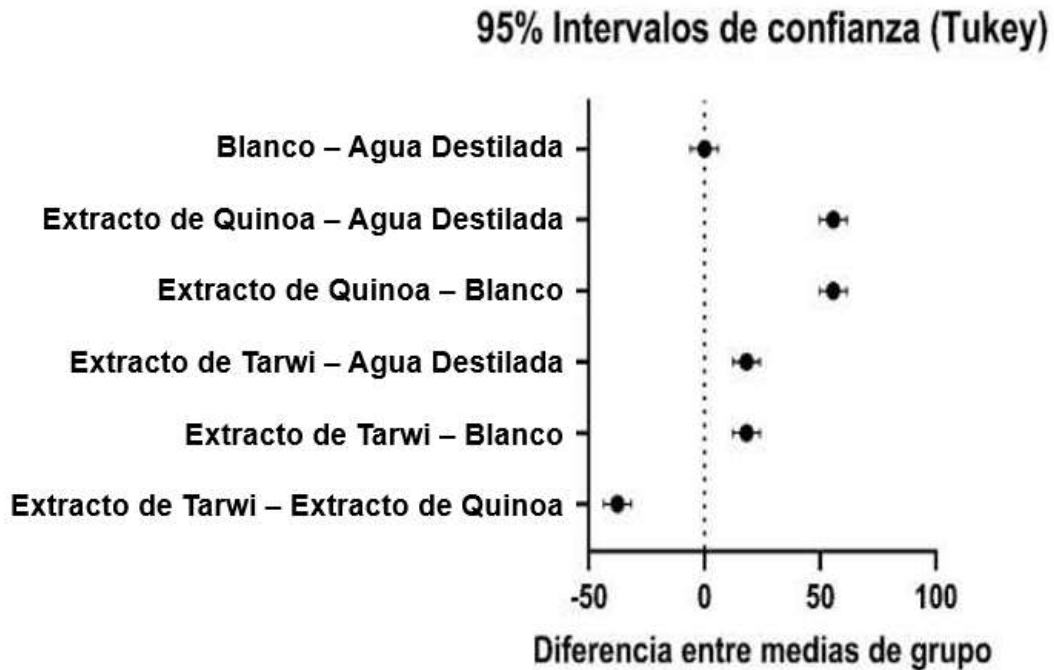
*** Elaboración propia.**

Tabla 14 Múltiples comparaciones del examen del poder espumante

Tukey's multiple comparisons test	Mean diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Extracto de tarwi vs. Extracto de quinua	-37.53	-43.44 to -31.62	Yes	****	<0.0001
Extracto de tarwi vs. Blanco	18.16	12.26 to 24.07	Yes	****	<0.0001
Extracto de tarwi vs. Agua Destilada	18.16	12.26 to 24.07	Yes	****	<0.0001
Extracto de quinua vs. Blanco	55.69	49.79 to 61.60	Yes	****	<0.0001
Extracto de quinua vs. Agua Destilada	55.69	49.79 to 61.60	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Agua Destilada	0.000	-5.905 to 5.905	No	ns	>0.9999

*** Elaboración propia.**

Figura 10 Intervalos de confianza del poder espumante



* Elaboración propia.

El porcentaje de retención promedio para la mezcla del Extracto de Tarwi fue de 18.20%, mientras que del Extracto de Quinoa mostró un valor notablemente superior de 55.72%. Ambos grupos de control, el blanco y el agua destilada, registraron un 0% de retención de espuma, confirmando la ausencia de actividad espumante en ausencia de los componentes activos.






Para establecer la significancia estadística de las diferencias observadas, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor. Este análisis reveló la existencia de una diferencia global estadísticamente significativa entre los grupos, con un valor F de 6.26 y un valor p de 0.01. Una prueba de comparaciones múltiples de Tukey permitió identificar las diferencias específicas entre pares. Los resultados demostraron que la diferencia en el poder espumante entre Extracto de quinua y la mezcla del Extracto de tarwi fue altamente significativa. Asimismo, ambas formulaciones activas mostraron diferencias altamente significativas frente a los dos grupos de control. Por el contrario, no se encontró ninguna diferencia estadística entre el blanco y el agua destilada, validando la adecuación del diseño experimental. En conjunto, los datos revelan un perfil de actividad espumante

claramente diferenciado, con un desempeño cuantitativamente superior del Extracto de quinua.

1.4.2. Presencia de lípidos

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 15 Resultados determinación de presencia de lípidos lavavajillas comerciales y experimental

PRESENCIA DE LIPIDOS				
CC/ EXAMEN	Examen 1	Examen 2	Examen 3	COLORACIÓN
LÍQUIDO LAVAVAJILLAS EXPERIMENTAL (LLE)	No	No	No	
LAVAVAJILLAS COMERCIAL	No	No	No	
CONTROL POSITIVO	Si	Si	Si	
CONTROL NEGATIVO	No	No	No	
BLANCO	SI	SI	SI	

*** Elaboración propia.**

El lavavajillas experimental demostró ser eficaz en la eliminación de grasa de un plato de porcelana, ya que tras el tratamiento y la aplicación del reactivo Sudan III no se observó la coloración anaranjada característica de los lípidos. Este efecto se

atribuye a la acción detergente del extracto de Quinoa, específicamente a las saponinas con propiedades antipáticas que facilitan la remoción de grasa; además, como señala Yousif et al, el Sudan III constituye una herramienta sencilla y útil para la determinación de lípidos en muestras de tamaño grande o grosero (39).

1.5. Actividad desinfectante

Se realizó el análisis del producto final Lavavajillas líquido experimental (LLE) frente a tres tipos de patógenos que por su naturaleza tienden a proliferarse en una superficie en contacto con alimentos mal higienizada. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 16 Recuento de colonias de *Staphylococcus aureus*

RECuento DE MICROORGANISMOS (UFC/cm²)						
<i>Staphylococcus aureus</i>	Inóculo	Blanco	LLE	Lavavajillas Sapolio	Lavavajillas Ayudin	Lavavajillas Cif
P1	213	208	1	0	1	0
P2	197	194	0	0	0	1
P3	205	203	1	1	0	0
Promedio	205.0	201.7	0.7	0.33	0.33	0.33

*** Elaboración propia.**

Tabla 17 Recuento de colonias de *Bacillus subtilis*

RECuento DE MICROORGANISMOS (UFC/cm²)						
<i>Bacillus subtilis</i>	Inóculo	Blanco	LLE	Lavavajillas Sapolio	Lavavajillas Ayudin	Lavavajillas Cif
P1	190	188	2	0	0	1
P2	228	228	0	1	0	0
P3	190	190	1	0	1	0
Promedio	202.7	202	1	0.33	0.33	0.33

*** Elaboración propia.**

Tabla 18 Recuento de colonias de *Pseudomona aeruginosa*

RECuento DE MICROORGANISMOS (UFC/cm²)						
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Inoculación	Blanco	LLE	Lavavajillas Sapolio	Lavavajillas Ayudin	Lavavajillas Cif
P1	260	223	0	1	0	0
P2	240	191	0	0	0	1
P3	229	182	1	0	1	0
Promedio	243	198.7	0.33	0.33	0.33	0.33

* Elaboración propia.

1.5.1. *Staphylococcus aureus*

Tabla 19 Análisis de varianza de un factor para *Staphylococcus aureus*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	164717.6	5	32943.5222	961.1	3.4919E-15	3.1
Dentro de los grupos	411.3	12	34.2777778			
Total	165128.9	17				

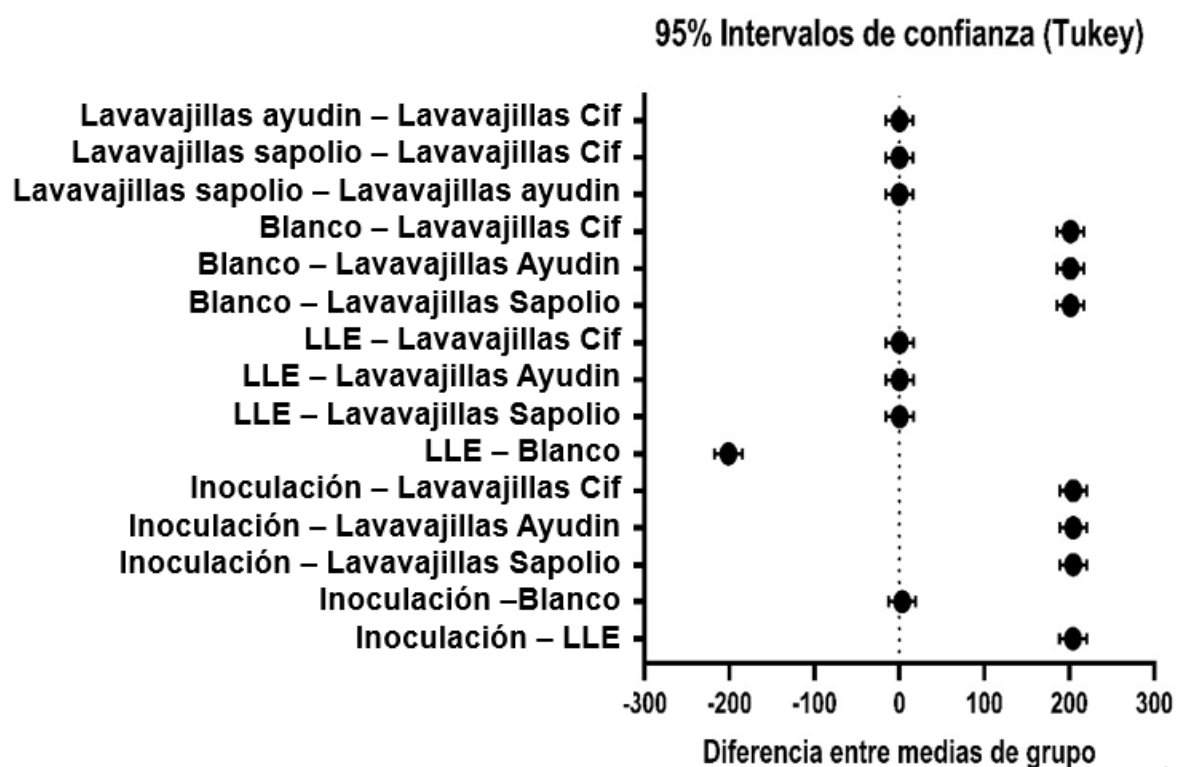
* Elaboración propia.

Tabla 20 Múltiples comparaciones de recuento microbiano para *Staphylococcus aureus*

Tukey's multiple comparisons test	Mean diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Inoculación vs. LLE	204.3	188.3 to 220.4	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Blanco	3.333	-12.72 to 19.39	No	ns	0.9787
Inoculación vs. Lavavajillas sapolio	204.7	188.6 to 220.7	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas ayudin	204.7	188.6 to 220.7	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas cif	204.7	188.6 to 220.7	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Blanco	-201.0	-217.1 to -184.9	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Lavavajillas sapolio	0.3333	-15.72 to 16.39	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas ayudin	0.3333	-15.72 to 16.39	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas cif	0.3333	-15.72 to 16.39	No	ns	>0.9999
Blanco vs. Lavavajillas sapolio	201.3	185.3 to 217.4	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Lavavajillas ayudin	201.3	185.3 to 217.4	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Lavavajillas cif	201.3	185.3 to 217.4	Yes	****	<0.0001
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas ayudin	0.000	-16.06 to 16.06	No	ns	>0.9999
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas cif	0.000	-16.06 to 16.06	No	ns	>0.9999
Lavavajillas ayudin vs. Lavavajillas cif	0.000	-16.06 to 16.06	No	ns	>0.9999

* **Elaboración propia.**

Figura 11 Intervalos de confianza para *Staphylococcus aureus*



Se evaluó la eficacia desinfectante del lavavajillas experimental a base de tarwi y quinua frente a *Staphylococcus aureus*, comparándolo con tres productos comerciales y dos controles. El recuento microbiano inicial (inoculación) mostró un promedio de 205 UFC/cm². Tras la aplicación de los tratamientos, se observó una drástica reducción en el recuento bacteriano. El lavavajillas experimental presentó un promedio de 0.7 UFC/ cm², mientras que los productos comerciales Sapolio, Ayudín y Cif registraron promedios de 0.3 UFC/ cm², respectivamente. El grupo blanco, por el contrario, mantuvo un recuento elevado de 201.7 UFC/ cm², similar al de la inoculación inicial.

El análisis de varianza (ANOVA) confirmó la existencia de diferencias altamente significativas entre los grupos ($F = 961.1$, $p < 0.0001$). Las comparaciones múltiples de Tukey revelaron que tanto el lavavajillas experimental como todos los productos comerciales produjeron una reducción estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) en el recuento bacteriano comparado a la inoculación inicial y el grupo blanco. Es crucial destacar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.9999$) en la eficacia entre el lavavajillas experimental y cualquiera de los tres productos comerciales evaluados. Estos resultados

demuestran que el lavavajillas a base de tarwi y quinua posee una capacidad antimicrobiana frente a *S. aureus* comparable a la de los productos comerciales de referencia.

En comparación, el estudio realizado por Ishaq et al, demostró que diversos alcaloides presentes en la familia Lupinus (entre ellos la Lupinina y la Esparteína) presentan una actividad antimicrobiana significativa frente a *Staphylococcus aureus* (40).

1.5.2. *Bacillus subtilis*

Tabla 21 Análisis de varianza de un factor para *Bacillus subtilis*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	162948.44	5	32589.69	268.84	6.9564E-12	3.11
Dentro de los grupos	1454.67	12	121.22			
Total	164403.11	17				

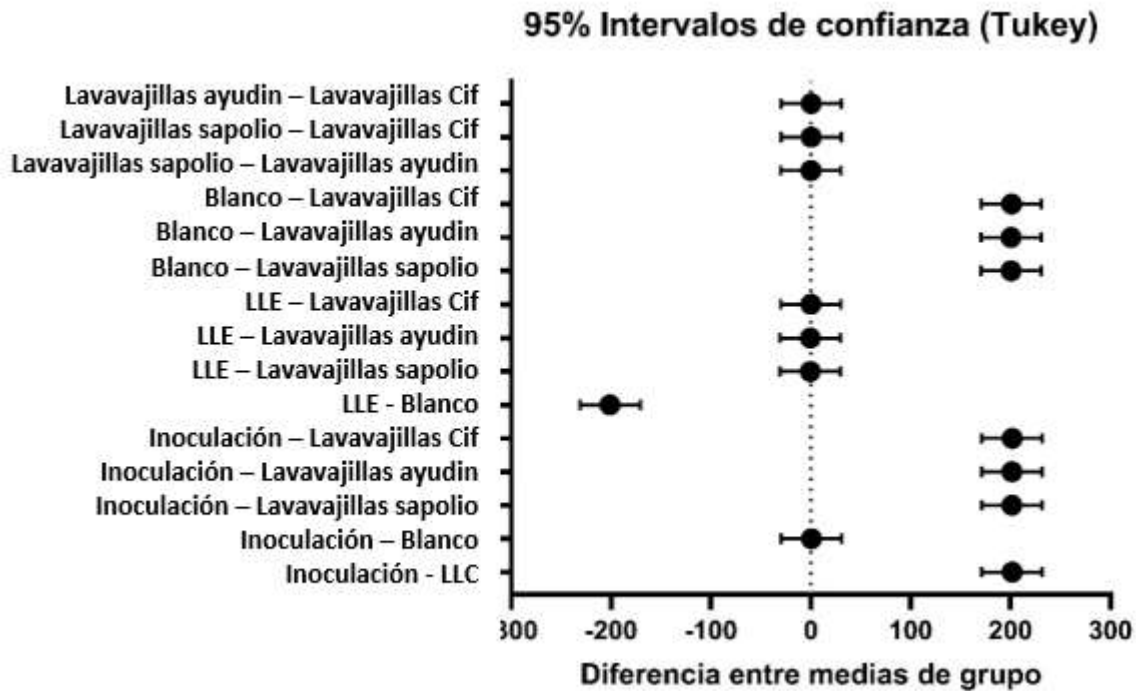
* Elaboración propia.

Tabla 22 Múltiples comparaciones para recuento microbiano para *Bacillus subtilis*

Examen múltiples comparaciones de Tukey	Mean diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Inoculación vs. LLE	201.7	171.5 to 231.9	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Blanco	0.6667	- 29.53 to 30.86	No	ns	>0.9999
Inoculación vs. Lavavajillas sapolio	202.3	172.1 to 232.5	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas ayudin	202.3	172.1 to 232.5	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas cif	202.3	172.1 to 232.5	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Blanco	-201.0	-231.2 to - 170.8	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Lavavajillas sapolio	0.6667	- 29.53 to 30.86	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas ayudin	0.6667	- 29.53 to 30.86	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas cif	0.6667	- 29.53 to 30.86	No	ns	>0.9999
Blanco vs. Lavavajillas sapolio	201.7	171.5 to 231.9	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Lavavajillas ayudin	201.7	171.5 to 231.9	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Lavavajillas cif	201.7	171.5 to 231.9	Yes	****	<0.0001
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas ayudin	0.000	- 30.20 to 30.20	No	ns	>0.9999
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas cif	0.000	- 30.20 to 30.20	No	ns	>0.9999
Lavavajillas ayudin vs. Lavavajillas cif	0.000	- 30.20 to 30.20	No	ns	>0.9999

*** Elaboración propia.**

Figura 12 Intervalos de confianza para *Bacillus subtilis*



* Elaboración propia.

De acuerdo con el protocolo establecido para evaluar la capacidad desinfectante del lavavajillas líquido experimental, se procedió a determinar su eficacia frente a *Bacillus subtilis*. El recuento microbiano inicial, o inoculación, mostró un promedio de 202.7 UFC/cm². Después del tratamiento con las diferentes formulaciones, se observó una reducción drástica en los recuentos bacterianos. El lavavajillas experimental a base de tarwi y quinua, registró un promedio de 1.0 UFC/cm². Los productos comerciales Sapolio, Ayudín y Cif presentaron promedios de 0.33 UFC/cm², respectivamente. En contraste, el grupo blanco, que no contenía ningún agente activo, mantuvo un recuento promedio de 202.0 UFC/cm².

El análisis estadístico mediante ANOVA de un factor confirmó la existencia de diferencias altamente significativas entre los grupos ($F = 268.84, p < 0.0001$). Para precisar el origen de estas diferencias, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los resultados de esta prueba demostraron que tanto el lavavajillas experimental como los tres productos comerciales produjeron una reducción significativa ($p < 0.0001$) en el recuento bacteriano en comparación con la inoculación inicial y el grupo blanco. Es de destacar que el análisis no encontró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.9999$) en la eficacia desinfectante

entre el lavavajillas a base de tarwi y quinua y cualquiera de los tres productos comerciales evaluados. Estos datos permiten concluir que la formulación experimental posee una potente actividad desinfectante frente a *Bacillus subtilis*, cuya eficacia es estadísticamente equivalente a la de los referentes comerciales.

Con base en la evidencia disponible, diversos estudios han demostrado que extractos alcohólicos ricos en alcaloides obtenidos de los granos de distintas especies de la familia Lupinus presentan actividad antibacteriana frente a *Bacillus subtilis*. Tal es el caso del estudio realizado por Khan et al, en el cual se confirma dicha actividad (41).



1.5.3. *Pseudomona aeruginosa*

Tabla 23 Análisis de varianza de un factor para *Pseudomona aeruginosa*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	197429.2	5	39485.8	328.99	1.9701E-12	3.1
Dentro de los grupos	1425.3	12	118.8			
Total	198854.5	17				

* Elaboración propia.

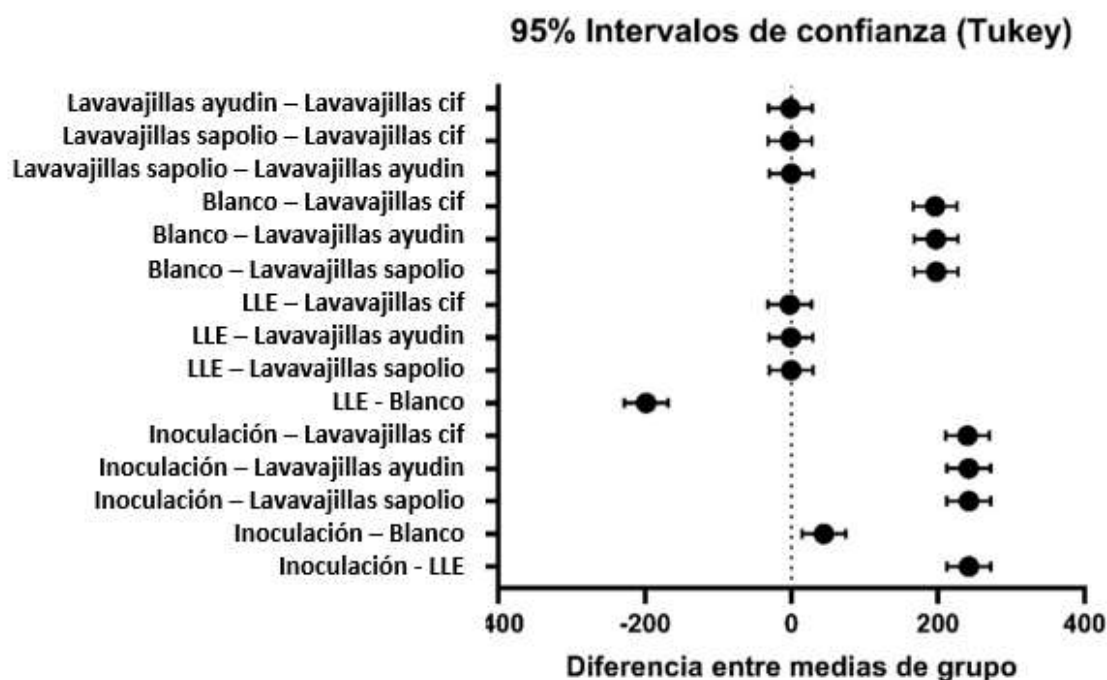
Tabla 24 Múltiples comparaciones para recuento microbiano para *Pseudomona aeruginosa*

Tukey's multiple comparisons test	Mean diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
Inoculación vs. LLE	242.7	212.8 to 272.6	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Blanco	44.33	14.44 to 74.22	Yes	**	0.0033
Inoculación vs. Lavavajillas sapolio	242.7	212.8 to 272.6	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas ayudin	242.7	212.8 to 272.6	Yes	****	<0.0001
Inoculación vs. Lavavajillas cif	242.7	212.8 to 272.6	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Blanco	-198.3	-228.2 to -168.4	Yes	****	<0.0001
LLE vs. Lavavajillas sapolio	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas ayudin	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999
LLE vs. Lavavajillas cif	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999
Blanco vs. Lavavajillas sapolio	198.3	168.4 to 228.2	Yes	****	<0.0001
Blanco vs. Lavavajillas ayudin	198.3	168.4 to 228.2	Yes	****	<0.0001

Blanco vs. Lavavajillas cif	198.3	168.4 to 228.2	Yes	****	<0.0001
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas ayudin	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999
Lavavajillas sapolio vs. Lavavajillas cif	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999
Lavavajillas ayudin vs. Lavavajillas cif	0.000	-29.89 to 29.89	No	ns	>0.9999

* Elaboración propia.

Figura 13 Intervalos de confianza para *Pseudomona aeruginosa*



* Elaboración propia.

En la evaluación de la actividad antimicrobiana del lavavajillas líquido experimental frente a *Pseudomona aeruginosa*, se observó una notable reducción en el recuento microbiano tras la aplicación de los tratamientos. El recuento inicial de inoculación presentó un promedio de 243 UFC/cm², mientras que el lavavajillas experimental a base de tarwi y quinua mostró el promedio más bajo de todos los grupos tratados, con 0.33 UFC/cm². Los productos comerciales Sapolio, Ayudín y Cif registraron promedios de 0.33 UFC/cm² respectivamente, mientras que el grupo blanco mantuvo un recuento elevado de 198.7 UFC/cm².

El análisis de varianza (ANOVA) confirmó la existencia de diferencias altamente significativas entre los grupos ($F = 328.99$, $p < 0.0001$). El análisis post hoc de Tukey reveló que el lavavajillas experimental produjo una reducción estadísticamente significativa ($p < 0.0001$) en el recuento bacteriano comparado con la inoculación inicial y el grupo blanco. Es particularmente relevante destacar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.9999$) en la eficacia antimicrobiana entre el lavavajillas experimental y cualquiera de los tres productos comerciales evaluados. Estos resultados demuestran que la formulación a base de Tarwi y quinua posee una actividad antimicrobiana contra *Pseudomonas aeruginosa* equivalente a la de los referentes comerciales, con una reducción promedio que alcanza el 99.9% con respecto al control de inoculación.

Afortunadamente, existen ensayos como el realizado por Cáceres, N; Tulcán, N, en el cual se identificó la presencia de una elevada diversidad de alcaloides quinolizidínicos —entre ellos esparteína y lupinina— y posteriormente se demostró que estos metabolitos presentaban capacidad inhibitoria sobre cepas del género *Pseudomonas spp* (42).

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se logró formular un lavavajillas líquido a base de extractos de *Lupinus mutabilis* “tarwi” y *Chenopodium quinoa* “quinua”, aprovechando así los desamargados que usualmente son desechados.

SEGUNDA: Se determinó las capacidades organolépticas y fisicoquímicas del lavavajillas líquido elaborado, como son: textura densa y viscosa, olor cítrico y color amarillento. Además, presentó un pH promedio de 7.53, densidad promedio de 0.97 g/ml y una viscosidad promedio de 3291.66 cPs; siendo todas estas características estadísticamente similares a sus contrapartes comerciales.

TERCERA: Se evaluó las características desengrasantes del lavavajillas elaborado, resultando un r5 del extracto de tarwi de 18.20%, mientras que el Extracto de quinua de 55.75%, demostrando este último tener un gran poder espumante y una estabilidad química óptima. Además, el LLE reveló poder eliminar la presencia de lípidos al dar negativo en su prueba durante sus análisis con Sudan III.

CUARTA: Se concluye que el LLE posee capacidad desinfectante frente a microorganismos patógenos como son *Staphylococcs aureus*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomona aeruginosa* que tienden a proliferarse en superficies en contacto con alimentos. Debido a que reduce la contaminación microbiana luego de ser utilizado y no presenta diferencias significativas en comparación con lavavajillas comerciales.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda realizar el estudio de ambos granos andinos de zonas aledañas y cercanas al lugar de elaboración del lavavajillas, ya que esto mejoraría la logística y la rentabilidad del proceso.

SEGUNDA: Acorde al anterior punto, se deben realizar las identificaciones y cuantificaciones de los metabolitos propios de cada grano, ya que, al obtenerlos de zonas diferentes, con diversos pisos altitudinales, climas, temperaturas entre otras variables existe una probabilidad a considerar que las concentraciones y cantidades de saponinas y alcaloides se vean alteradas.

TERCERA: Se sugiere que, si se desea alterar o modificar las características organolépticas (como el olor, el color, la densidad o la viscosidad), se puedan evaluar aditivos o excipientes distintos a los utilizados en esta formulación, de acuerdo con los gustos, preferencias o necesidades del fabricante.

CUARTA: Se recomienda pruebas de control de calidad fisicoquímica y microbiológica del producto final, a fin de demostrar la estabilidad del lavavajillas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Panamericana de Salud. "Reglas de Oro" de la OMS para la preparación higiénica de los alimentos. [Online].; 2018. Disponible en: <https://www.paho.org/es/emergencias-salud/reglas-oro-oms-para-preparacion-higienica-alimentos>.
2. Goldstein A. Liquid automatic dishwashing compositions providing high pH wash solutions[Internet]. 1999.
3. Mine Y, Zhang J. Surfactants enhance the tight-junction permeability of food allergens in human intestinal epithelial Caco-2 cells. *International archives of allergy and immunology*. [Internet]. 2003; 130(2): 135-142.
4. Naimi et al. Direct impact of commonly used dietary emulsifiers on human gut microbiota. *Microbiome*. [Internet]. 2021; 9(1): 66.
5. Ogulur et al. Gut epithelial barrier damage caused by dishwasher detergents and rinse aids. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. [Internet]. 2023; 151(2): 469-484.
6. Huasasquiche et al. Caracterización y evaluación del potencial pgpr de la microflora asociada al cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Ecología Aplicada*. [Internet]. 2020; 19(2): 65-76.
7. Rodríguez A. Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de los alcaloides del agua de cocción del proceso de desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet): [Tesis para optar el Título Profesional de Bioquímico Farmacéutico][Internet]. 2009.
8. Campos Y, Apolinario S. Cuantificación de saponinas en la cascarilla de *Chenopodium Quinoa* Willd (quinua) variedades amarilla Maranganí y blanca Junín extraídas por el método de maceración hidroalcohólica: [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico][Internet]. 2024.
9. The New York Botanical Garden. *Index Herbariorum*. [Online].; 2001.
10. Ortega et al. Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta agronómica*. [Internet]. 2010; 59(1): 111-118.
11. Gavilanes MK. Planta de desamargado de chocho(*lupinus mutabilis* sweet Riobamba Ecuador: Facultad de ciencias y bioquímica de la escuelasuperior politécnica de Chimborazo[Internet]. 2013.
12. Blohm H. *Poisonous Plants of Venezuela*[Internet]. 2009.

13. Manrique et al. Actividad antioxidante e inhibición de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA I) de hidrolizados proteicos de *Lupinus mutabilis*: En: Seminario Internacional en Biotecnología para la Salud[Internet]. 2020.
14. Hidalgo et al. Evaluación de la susceptibilidad in vitro a esparteína, en cuatro cepas de *Mycobacterium tuberculosis*. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. [Internet]. 2022; 39(1): 77-82.
15. Rojas F, Poma K. Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet (Tarwi) frente a *Escherichia coli* ATCC 25922: [Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico][Internet]. 2023.
16. Jacobsen S. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews international*. [Internet]. 2003; 19(1-2): 167-177.
17. Zhu et al. Triterpene saponins from debittered quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*. [Internet]. 2002; 50(4).
18. Repo et al. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*. [Internet]. 2003; 19(1-2): 179-189.
19. Norouzpour et al. Experimental investigation of the effect of a Quinoa-derived saponin-based green natural surfactant on enhanced oil recovery. *Fuel*. [Internet]. 2022; 318: 123652.
20. Ridner J. Origins: The dirty history of soap: *Sight Magazine*[Internet]. 2020.
21. Harrison et al. The development and use of synthetic detergents. *J Soc Cosmet Chem*. [Internet]. 1952; 3(1): 1-10.
22. Lozano et al. Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Boliviana de Química*. [Internet]. 2012; 29(2): 131-138.
23. Aguilar C. Optimización del proceso de extracción de alcaloides del *Lupinus mutabilis* (Tarwi) mediante el método superficie de respuesta[Internet]. 2021.
24. Ahumada et al. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. [Internet]. 2016; 45(3): 438-469.
25. Carvajal et al. Effect of Processing on the Diffusion of Alkaloids and Quality of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Food Processing and Preservation*. [Internet]. 2014; 38(4): 1461-1471.
26. Vargas J. El reactivo de Dragendorff: origen, historia e importancia. *Revista Médica Basadrina*. [Internet]. 2024; 18(1): 52-57.

27. Hajnos, J. et al. (2002). Thin Layer Chromatography of Triterpenes (Including Saponins). En: Hajnos J., Thin Layer Chromatography in Phytochemistry, Springer-Verlag, Berlin.
28. Carrillo et al. Elaboración de detergente lavaplatos líquido: Universidad de los Andes[Internet]. 2012.
29. Lunkenheimer K, Malysa K. Método simple y de aplicación general para la determinación y evaluación de las propiedades de la espuma. J Surfact Deterg. [Internet]. 2003; 6: 69–74.
30. Sato et al. Significance of Sudan III staining in macrophages. Tohoku J Exp Med. [Internet]. 1981; 134(1): 79–85..
31. Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura. Guía técnica para el análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos y bebidas[Internet] 2007.
32. Añamuro C. Determinación del efecto biocida del extracto acuoso de semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (tarwi) sobre *Thrips tabaci* lindeman (Trips) en cultivos de cebolla: [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Química del Medio Ambiente][Internet]. 2016.
33. García et al. Saponin molecules from Quinoa residues: exploring their surfactant, emulsifying, and detergent properties. Molecules. [Internet]. 2024; 29(20): 4928.
34. Wink et al. Patterns of quinolizidine alkaloids in 56 species of the genus *Lupinus* (Leguminosae). Phytochemistry. [Internet]. 1995; 38(1): 139-153.
35. Roque G. Pigmentos, tintes y formas. Tópicos del Seminario. Tópicos del seminario. [Internet]. 2012;(28): 39-62.
36. Martínez L. Psicología del consumidor y productos de higiene. Rev Mark Comport. [Internet]. 2018; 12(3): 45-52
37. González M, Ruiz A. Tecnología de productos de limpieza doméstica.: Editorial Química Aplicada[Internet]. 2020.
38. Procter & Gamble. Light duty liquid or gel dishwashing detergent compositions having controlled pH and desirable food soil removal, rheological and sudsing characteristics [patente]. Estados Unidos: Procter & Gamble
39. Yousif AM, Snowball R, D’Antuono MF, Dhammu HS, Sharma DL. Water droplet surface tension method: an innovation in quantifying saponin content in quinoa seed. Food Chemistry. 2021;343:128483. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128483

40. Ishaq et al. Genus *Lupinus* (Fabaceae): a review of ethnobotanical, phytochemical and biological studies. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. [Internet]. 2022; 74(12): 1700-1717..
41. Khan et al. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. [Internet]. 2015; 50(9): 2004-2012.
42. Cáceres N, Tulcán N. Efecto eco-toxicológico de alcaloides quinolizidínicos presentes en agua residual producto del proceso tradicional de desamargado de la semilla de lupino (*Lupinus mutabilis*)[Internet].

