

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



**“Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.
Ayacucho, 2023”**

Tesis para optar el Título Profesional de:
Químico Farmacéutico

Presentado por:
Bach. Romer Chimaico Quispe

Asesor:
Dr. Enrique Javier Aguilar Felices

Ayacucho - Perú

2024

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma mater* Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus aulas durante cinco años para forjarme profesionalmente.

A la Facultad de Ciencias de la Salud y la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, su plana docente de gran trayectoria profesional, por haberme brindando el conocimiento necesario para mi formación y desenvolvimiento profesional.

Al Dr. Q. F. Enrique Javier AGUILAR FELICES, por asesorarme en la dirección de la presente tesis, por haberme compartido los conocimientos científicos y brindado su experiencia en el campo de la investigación.

A la Mg. Q. F. Roxana LEÓN ARONÉS, docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la UNSCH, por las sugerencias y dedicación.

Al Dr. Q.F. Edwin Carlos ENCISO ROCA, docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la UNSCH, por las sugerencias y apoyo.

Al Proyecto FOCAM: Fortalecimiento de capacidades para realizar investigaciones genómicas, fitoquímicas, farmacológicas y toxicológicas de la Región de Ayacucho; por la proporción de las variedades de las semillas de “quinua”.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	5
2.2.1. Clasificación taxonómica	5
2.2.2. Sinonimia	6
2.2.3. Descripción botánica	6
2.2.4. Hábitat	6
2.2.5. Distribución	6
2.2.6. Composición química	6
2.2.7. Estudios farmacológicos realizados	8
2.2.8. Propiedades y usos medicinales	8
2.3. Compuestos fenólicos	9
2.3.1. Clasificación de los compuestos fenólicos	9
2.4. Saponinas	10
2.5. Germinación de semillas	12
2.5.1. Fases de la germinación	12
2.5.2. Presencia de las hormonas en la germinación	13
2.5.3. Factores que afectan a la germinación	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	23
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	31
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXOS	39

ABREVIATURAS EMPLEADAS

GAE	Equivalente a ácido gálico
SEQS	Saponina estándar de <i>Quillaja saponaria</i>
mg	Miligramo
HPLC	Cromatografía Líquida de alta Resolución (siglas en inglés de High Performance Liquid Chromatography)
UV-VIS	Ultravioleta visible
m	Metro
UV-VIS	Ultravioleta visible
cm	Centímetro
°C	Grados Celsius
H	Horas
Min	Minutos
L	Litro
mL	Mililitro
μL	Microlitro
g	Gramo
R	Coefficiente de correlación
RPM	Revoluciones por minuto
nm	nanómetro
M	Molaridad
N	Normalidad

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Metabolitos secundarios presentes en semillas y germinados de semilla de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	7
Tabla 2. Porcentaje del rendimiento del extracto metanólico obtenido del germinado de las semillas de 10 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”. Ayacucho 2023.	20
Tabla 3. Contenido de fenoles totales y saponinas en semillas germinadas de 10 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”. Ayacucho 2023.	21
Tabla 4. Contenido de saponinas determinados por los métodos colorimétrico, de espuma y hemolítico en semillas germinados de 10 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”. Ayacucho 2023.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura básica del fenol.	9
Figura 2. Estructura de flavonoides tipo flavonoles presentes en la semilla de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd., "quinua".	10
Figura 3. Estructura general de las saponinas triterpénicas.	10
Figura 4. β -amirina, nucleo de saponinas triterpénicas.	11
Figura 5. Saponina monoglicosilada (monodesmósido).	11
Figura 6. Saponina diglicosilada (bidesmósido).	11
Figura 7. Saponina triglicosilada (tridesmósido).	11
Figura 8. Agliconas de saponinas triterpénicas en <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. "quinua"	12
Figura 9. Estructura de la 20-hidroxiecdisona, presente en <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. "quinua".	13

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Certificado de identificación botánica.	40
Anexo 2	Biosíntesis de los compuestos fenólicos.	41
Anexo 3	Biosíntesis de saponinas	42
Anexo 4	Obtención del extracto seco a partir del germinado de semillas.	43
Anexo 5	Obtención del extracto metanólico.	44
Anexo 6	Procedimiento para la determinación del contenido de fenoles totales.	45
Anexo 7	Curva de calibración de ácido gálico para la determinación del contenido de fenoles totales.	46
Anexo 8	Determinación del contenido de fenoles totales del extracto metanólico de los germinados.	47
Anexo 9	Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	48
Anexo 10	Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por método colorimétrico.	49
Anexo 11	Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	50
Anexo 12	Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.	51
Anexo 13	Diluciones del estándar para determinar el contenido de saponinas según el método de espuma.	52
Anexo 14	Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma.	53
Anexo 15	Determinación del contenido de saponinas según método de espuma.	54
Anexo 16	Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.	55
Anexo 17	Diluciones del estándar para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico	56
Anexo 18.	Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.	57

Anexo 19.	Determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.	58
Anexo 20.	Análisis de la varianza de la determinación del contenido de fenoles totales.	59
Anexo 21.	Prueba de Tukey de la determinación del contenido de fenoles totales.	59
Anexo 22.	Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	60
Anexo 23.	Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	60
Anexo 24.	Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma.	61
Anexo 25.	Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma	61
Anexo 26.	Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.	62
Anexo 27.	Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.	62
Anexo 28.	Matriz de consistencia	63

RESUMEN

Las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" contienen compuestos fenólicos y saponinas que cumplen el rol de protección, las cuales, varían durante la germinación. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el contenido de fenoles totales y saponinas en semillas germinadas de diez variedades, para el cual, se obtuvieron extractos metanólicos; los fenoles totales se determinaron por el método de Folin – Ciocalteu, mientras que, las saponinas por los métodos colorimétrico, espuma y hemolítico. La variedad Blanca arete mostró mayor contenido de fenoles totales ($178,37 \pm 5,56$ mg GAE/g de extracto) y el menor contenido, la Roja salmantina ($66,80 \pm 2,94$ mg GAE/g de extracto), respectivamente. La Blanca arete mostró mayor contenido de saponinas por método colorimétrico ($216,87 \pm 2,58$ mg SEQS/g de extracto) y el menor contenido la Amarillo sacaca ($82,06 \pm 2,76$ mg de SEQS/g de extracto); por el método de espuma, la Matachín obtuvo mayor contenido ($12,72 \pm 0,51$ mg de SEQS/g de extracto) y el menor contenido la Roja pasankalla ($1,90 \pm 0,00$ mg de SEQS/g de extracto) y por el método hemolítico, la Roja pasankalla obtuvo mayor contenido ($239,99 \pm 0,71$ mg de SEQS/g de extracto) y la Blanca arete el menor contenido ($34,84 \pm 1,28$ mg de SEQS/g de extracto), respectivamente. Se concluye, que el germinado de la variedad Blanca arete tuvo relación directa con contenido de fenoles totales y saponinas, mientras que, la variedad Roja salmantina tuvo relación inversa, respectivamente.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd, saponinas, fenoles totales.

I. INTRODUCCIÓN

Los fenoles son compuestos que proceden de plantas, actúan como fitoalexinas; que viéndose afectada secretan estos compuestos que actúan como defensa ante infecciones por hongos y bacterias, además, es que aporta la pigmentación para las diferentes partes de las plantas.¹ Así también, las saponinas pertenecen a un grupo abundante y variable de productos vegetales, de igual manera, se desempeñan como agente de defensa en contra de herbívoros y algunas enfermedades que suelen atacar a las plantas.² Las diversas variedades de quinua suelen presentar diferencias en las concentraciones de saponinas según la variedad, debido a las condiciones climáticas, las características del suelo; además, las condiciones de desarrollo, como el riego son un factor para determinar el contenido de saponinas.³ La saponina existente en la semilla de quinua es el factor determinante que demarca su uso alimentario debido a que estos producen el sabor amargo y están ubicados en las cáscaras; debido a este factor podemos encontrar variedades como dulces o amargas.⁴ Las personas pueden ingerir valores entre 0,06 a 0,12% normalmente sin daño alguno.⁵

La germinación de las semillas de quinua es una de las alternativas que permite disminuir las sustancias antinutrientes como las saponinas, según Aldana.⁶ con esta técnica logró disminuir las concentraciones de saponinas en variedades de Huancayo, Santa Ana y amarillo Maranganí. Además, según Choque Quispe *et al.*⁷ mediante la técnica del germinado de las semillas logró aumentar el contenido de fenoles totales y su actividad antioxidante.

Este estudio busca darle valor agregado a la “quinua”, principalmente a las variedades que son cultivadas en nuestra región, que por lo general está destinado a su uso alimentario. No existe evidencia científica en nuestra región sobre la relación entre el contenido de fenoles totales y saponinas en diversas variedades de semilla germinadas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.

Nuestros hallazgos contribuirán a un mayor conocimiento del contenido de fenoles

totales y saponinas que están presentes en las diferentes variedades de “quinua” germinada, es decir, contribuirá a la mejora y estandarización de su producción e incrementar la aceptación del consumidor.

Presentado este contexto, nos hemos propuesto investigar el contenido total de fenoles y saponinas en semillas germinadas de diferentes variedades de “quinua”.

Objetivo general

- Determinar la relación entre el contenido de fenoles totales y saponinas en semillas germinadas de 10 variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.

Objetivos específicos

- Precisar el contenido de fenoles totales.
- Determinar el contenido de saponinas según el método colorimétrico.
- Establecer el contenido de saponinas según el método de espuma.
- Determinar el contenido de saponinas según el método hemolítico.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales.

Morillo *et al.*⁸, cuantificaron el contenido de saponinas en semillas de quinua en las variedades de Blanca de Jericó, Tunkahuan, Negra de la Colorada, Amarilla Maranganí y Quinua dorada; mediante tres métodos afrosimétricos (estándar, modificado y rápido), siguiendo el procedimiento de Koziol. Los resultados mostraron que la variedad Amarilla maranganí presentó el mayor porcentaje de saponinas por método afrosimétrico estándar ($0,93 \% \pm 0,03$); y también por los demás métodos. Concluyeron que la variedad Tunkahuan y Blanca de Jericó contienen saponinas inferiores al 0,06%, clasificadas como quinuas dulces y las variedades Negra colorada, Dorada y Amarilla maranganí como quinuas amargas por contenidos mayores al 0,11 %.

Vásquez.⁹, determinó las condiciones óptimas de germinación de semillas de “quinua” de la variedad de Tunkahuan. Para su determinación de contenido de saponinas empleó el método afrosimétrico; los resultados mostraron que, la cantidad de espuma formada estaba relacionado directamente proporcional al tiempo de germinación. Además, se observa que el tiempo de germinación óptima es de 72 horas, ya que en este tiempo se logró llegar a medir altura de espuma de $1,165 \text{ cm} \pm 0,021$; la temperatura entre 19°C a 25°C no afectó significativamente la producción de espuma.

Lim *et al.*¹⁰, analizaron el contenido de saponinas en diferentes partes de *Chenopodium quinoa* Willd., utilizando el método espectrofotométrico descrito anteriormente por Peñafiel *et al.*¹¹, en el cual, a 0,25 mL del extracto de saponina se añadió 1 mL del reactivo (ácido acético glacial/ácido sulfúrico 1:1 v/v). La mezcla se agitó y se hizo reaccionar a 60°C en un baño de agua durante 30 minutos y luego se enfrió. Se midió la absorbancia a 527 nm utilizando el ácido oleanólico como estándar.

Han *et al.*³, determinaron el contenido de saponinas, compuestos fenólicos y su actividad antioxidante y efectos inhibitorios sobre la enzima α -glucosidasa en diferentes variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" coloreada. Utilizaron siete variedades de "quinua", de las cuales, cuatro se obtuvieron de la empresa Huaqing Quinoa Co. Ltd. (Shanxi, China): blanco (Q-w1), rojo (Q-r1 y Q-r2) y negro (Q-b1), y tres variedades se obtuvieron del mercado del Perú: blanco (Q-w2), rojo (Q-r3) y negro (Q-b2). Utilizaron un método colorimétrico para determinar el contenido de fenoles totales y para saponinas, en donde, reportaron que la quinua más oscura tenía un mayor contenido de compuestos fenólicos que las blancas; las betalaínas con un grupo hidroxilo fenólico pueden reaccionar con el reactivo de Folin-Ciocalteu, lo que lleva al aumento del contenido fenólico total; además, reportaron que el contenido de saponina varía entre 7,51 y 12,12 mg equivalente al ácido oleanólico (mg EAO)/g de muestra seca. Concluyeron que la variedad negra (Q-b1) presentó mayor contenido y la variedad blanca (Q-w1) el menor contenido de saponinas totales, además, refieren que esta variación del contenido de saponinas es debido a varios factores, como la condición genética y ambiental.

Lazo – Vélez *et al.*¹², estudiaron las saponinas triterpénicas en semillas sin germinar y germinadas de *Chenopodium berlandieri* spp (huauzontle). Identificaron saponinas derivadas de la hederagenina y de los ácidos oleanólico, fitolacagénico y serjánico y las cuantificaron por HPLC. Las semillas sin germinar, tuvieron mayor contenido de saponinas derivadas de los ácidos oleanólico y fitolacagénico, mientras que, en las semillas germinadas los derivados del ácido oleanólico, ácido serjánico y hederagenina, presentaron mayor abundancia después de 72 horas de germinación, incrementándose el contenido de saponinas en 47 veces más que en las semillas sin germinar. En consecuencia, observaron que la germinación después de 72 horas, alteró el contenido y composición en relación con las semillas sin germinar.

Gómez *et al.*¹³, determinaron el efecto del método de desamargado, tiempo de rehidratación y tiempo de germinación como variables en el contenido final de saponina y en el porcentaje de germinación de los granos de quinua. Utilizaron como muestra de "quinua" (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la variedad de Amarilla maranganí, determinando el contenido de saponina por el método afrosimétrico. Los resultados reflejan que el lavado como método de desamargado desencadena un aumento en la germinación de granos frente al escarificado (82,49 % frente al 70 %), que un mayor tiempo de rehidratación genera una mayor proporción de

germinación. Así mismo, el lavado permitió la reducción de la mayor proporción de saponina presente en la quinua ($92,26 \pm 0,35$ % frente a la escarificación con $50,08 \pm 0,72$ %).

Guajardo Flores *et al.*¹⁴, caracterizaron el contenido de saponinas y flavonoides en germinados, cubiertas de semilla y cotiledones de semillas de frejol negro. Para su cuantificación lo realizaron mediante la técnica de HPLC. Llegaron a la conclusión, que en el primer día de germinación la cantidad de saponinas en germinado aumentó en 1,9 veces más; los días complementarios de germinación disminuyeron el contenido de soyasaponinas en los brotes de frejol negro.

Antecedentes nacionales.

Aldana.⁶, evaluó el efecto de la germinación en el contenido de nutrientes y antinutrientes de “quinua” *Chenopodium quinoa* Willd., en 3 variedades de quinua: Huancayo, Santa Ana y amarillo Maranganí. La extracción de saponinas se realizó por maceración, la determinación del contenido de saponinas totales empleo el método espectrofotométrico a 520 nm. Concluyó que los tratamientos de germinación fue un factor que permitió multiplicar algunos nutrientes y disminuir los antinutrientes como la saponina y fitatos, entre otros; obteniendo resultados favorables a temperatura de 20 ° C.

No existen reportes de estudios sobre el tema de investigación a nivel local.

2.2. *Chenopodium quinoa* Willd.

2.2.1. Clasificación taxonómica

Se realizó según el sistema Cronquist A. 1998

REINO	: PLANTAE.
DIVISIÓN	: MAGNOLIOPHYTA.
CLASE	: MAGNOLIOPSIDA.
SUB CLASE	: CARYOPHYLLIDAE.
ORDEN	: CARYOPHYLLALES.
FAMILIA	: CHENOPODIACEA.
GÉNERO	: CHENOPODIUM.
ESPECIE	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
NOMBRE VULGAR	: “quinua”.

Fuente: Certificado emitido por la bióloga Laura Aucasime Medina. Especialista en taxonomía y sistemática de las plantas (Anexo 1).

2.2.2. Sinonimia

Chenopodium quinoa Wild. "quinua"

2.2.3. Descripción botánica

Es una planta anual, dicotiledónea, generalmente herbácea, que llegan a medir entre 0,2 a 3,0 metros (m); suelen presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos.⁵ La raíz de la quinua es de tipo pivotante, llega a medir de 0,8 a 1,5 m. El tallo tiene forma cilíndrica al unirse con la raíz y a medida que tiende a alejarse del suelo se vuelve anguloso en las partes que nacen nuevas hojas y ramas. El color habitual del tallo en época de floración tiende tonarse entre, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. A su madurez el color se torna de un color crema o rosado. Las hojas presentan peciolo y la lámina. El color del peciolo generalmente es verde, rosado, rojo o púrpura. El color de la lámina frecuente es verde; en algunas variedades puede notarse hojas de color verde-púrpura. A la madurez las láminas tienden a tomar volverse amarillas, naranjas, rosadas, rojas o púrpuras. Su inflorescencia es de tipo panoja que llega a medir de 15 a 70 cm, frecuentemente se encuentra en el ápice de la planta y de las ramas. Las flores son de tipo sésiles y agrupadas en glomérulos. Es una planta ginomonoica debido a que presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. El fruto es aquenio de manera lenticular, elipsoidal, esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide y que se desprende fácil en su madurez. El fruto está constituido del pericarpio y la semilla. El fruto llega a medir entre 1,5 a 3 mm. La semilla presenta: epispermo, embrión y perisperma. El epispermo, cubre la semilla. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula. El perispermo es el esencial tejido de almacenamiento, representa el 60 % de la semilla.¹⁵

2.2.4. Hábitat

Esta especie puede crecer diferentes tipos de suelos, siendo el idóneo los de buen drenaje francos, semi profundo; en suelos con pH a partir de 4,5 hasta 9,0.¹⁵

2.2.5. Distribución

Especie oligocéntrica que crece desde 0 a 4000 msnm en países como Perú, Bolivia, Chile, Ecuador, Colombia y Argentina.⁵

2.2.6. Composición química

La quinua es un alimento con alto contenido de proteínas y una calidad óptima por la existencia de aminoácidos esenciales a diferencia de otros granos. Además, se le considerada como un pseudocereal muy nutritivo por la abundancia y calidad

de sus proteínas, además, del contenido de ácidos grasos, su fibra dietética, las vitaminas y minerales.¹⁶ Según la literatura, en la quinua se han encontrado una gran variedad de bioactivos como saponinas, fitoesteroles, compuestos fenólicos y fitoecdisteroides, que proporciona de esta manera un gran aporte para la nutrición humana.¹⁷ Lin *et al.*¹⁸, realizaron una descripción de metabolitos secundarios presentes tanto en la semilla, como en el germinado de la semilla respectivamente, en la cual destacan derivados del ácido benzoico, del ácido cinámico, flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanonoles, derivados del ácido serjánico, del ácido fitolacagénico, esteroides y triterpenoides (Tabla 1).

Tabla 1. Metabolitos secundarios presentes en semillas y germinados de semilla de *Chenopodium quinoa* Willd.¹⁸

Metabolitos secundarios		Ubicación	
		Semilla	germinado
Derivados del ácido benzoico	Acido 4-hidroxibenzoico	semilla	-
	Ácido gálico	Semilla	germinado
	Ácido protocatequiico	Semilla	germinado
	Ácido siríngico	Semilla	-
	Ácido vainílico	Semilla	-
	Vainillina	Semilla	-
Derivados del ácido cinámico	Ácido cafeico	Semilla	-
	Ácido clorogénico	Semilla	-
	Acido cinámico	Semilla	germinado
	Ácido cumarínico	Semilla	-
	Ácido ferúlico	Semilla	germinado
	Ácido rosmarínico	Semilla	-
Flavonas	Orientina	Semilla	-
	Vitexina	Semilla	germinado
Flavonoles	Kaempferol	Semilla	-
	Morina	Semilla	germinado
	Miricetina	Semilla	-
	Quercetina	Semilla	-

	Rutina	Semilla	germinado
Flavanonas	Hesperidina	Semilla	-
	Naringina	Semilla	-
Flavanonoles	Catequina	Semilla	-
	Epicatequina	Semilla	-
Derivados del ácido serjánico	Ácido serjánico	Semilla	-
Derivados del ácido fitolacagénico	Éster 28- O - β - d -glucopiranosilo del ácido 3- O - α - 1- arabinopiranosil fitolacagénico	Semilla	-
Esteroides	20-hidroxiecdisona	Semilla	-
	Colesterol	Semilla	-
Triterpenoides	α - amirina	Semilla	-
	β -amirina	Semilla	-

2.2.7. Estudios farmacológicos realizados

Existen muchos estudios realizados sobre su capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos.³⁻¹⁹ Respecto a las saponinas se reporta el estudio realizado por Guzmán *et al.*²⁰, quienes investigaron a las saponinas de la semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, empleadas como biocontroladores o biocidas de hongos y agente hemolítico. Evaluaron el grado de hemotoxicidad *in vitro* sobre cepas de *Fusarium ssp* y *Aspergillus flavus*, concluyendo que los extractos de saponinas no fueron significativamente tóxicos para el medio ambiente, pero las muestras de saponina demostraron tener un efecto inhibitor eficiente sobre el crecimiento de *Aspergillus flavus* y *Fusarium spp*, y fueron ineficientes en un lapso de tiempo disminuido, sin embargo, a largo plazo si podrían controlar estas plagas, con la ventaja adicional del uso seguro para la conservación del medio ambiente, como demostraron en la prueba de ecotoxicidad y segura para el humano según los ensayos de hemotoxicidad.

Ruales y Nair²¹, realizaron un estudio sobre las propiedades del almidón y la fibra dietética en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., en donde, demostraron que las saponinas de quinua lograron aumentar la hidrólisis del almidón con alfa-amilasa.

2.2.8. Propiedades y usos medicinales

Las hojas, tallos y granos poseen propiedades medicinales, entre ellos es que es un cicatrizante, antiinflamatorio, analgésico y como desinfectante del tracto urinario. Además, es empleado en caso de fracturas y hemorragias internas y como repelente de insectos.¹⁰

2.3. Compuestos fenólicos

El fenol, es una molécula básica de los compuestos fenólicos. El fenol está constituido por un anillo aromático (fenil) que es fundamental en su propiedad antioxidante; unido a un grupo hidroxilo (OH). La existencia del anillo aromático hace que los ácidos débiles genere un efecto inductivo en el hidrógeno del grupo hidroxilo.²³ Los compuestos fenólicos se biosintetizan a partir del ácido shikímico.²⁴ (Anexo 2).

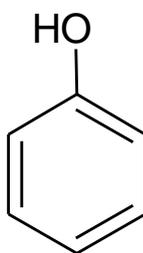


Figura 1. Estructura básica del fenol.

Los polifenoles se clasifican de diversas maneras debido a su diversidad estructural. De acuerdo a su estructura química presenta 2 grandes grupos:

2.3.1. Clasificación de los compuestos fenólicos

2.3.1.1. No flavonoides.

Fenoles no carboxílicos: C₆, C₆-C₁, C₆-C₃.

Ácidos fenoles: derivados del ácido benzoico (ácido gálico, vinílico, tánico, siríngico, gentísico, elágico)¹

2.3.1.2. Flavonoides.

Están constituidos por 2 grupos bencénicos enlazados por un puente tricarbonado (C₆ – C₃ – C₆). Entre los cuales se encuentran las antocianinas: malvidina, cianidina, delfinidina, petunidina, glicosidos de antocianidinas; flavonas, flavononas, flavonoles como la rutina, quercetina (2-(3,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4H-chromen-4-one), Kaempferol (3,5,7-trihidroxi-2-(4-hidroxifenil)-4H-1-benzopiran-4-ona) ; flavanonoles, flavanoles (catequina, epicatequina, galocatequina), taninos condensados y lignanos.¹ En la semilla de la quinua los

polifenoles existentes son los flavonoides tipo flavonoles; como la quercetina, kaempferol y entre otros compuestos fenólicos. Además, los flavonoides que tiene la quinua son orientina, vitexina, rutina, morina, hesperidina y neohesperidina.²⁵

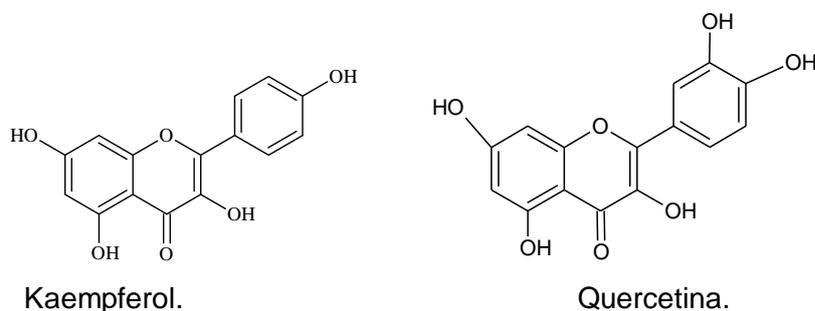


Figura 2. Estructura de flavonoides tipo flavonoles presentes en la semilla de *Chenopodium quinoa* Willd., “quinua”.

2.4. Saponinas

Sus características principales es que; tienden a aumentar la permeabilidad de las paredes celulares de esta manera produce hemolisis, además, las saponinas disminuyen la tensión superficial del agua y como resultado producen espuma.²⁶ Son metabolitos secundarios que forman una gran familia de compuestos, estructuralmente formados por un anillo triterpenoide; usualmente llamado aglicona, sustituidos por oligosacáridos a través de puentes glucosídicos que le da el carácter anfifílico.²⁷ Estructuralmente, provienen del compuesto de la β -amirina. Consisten en una mezcla compleja de glucósidos triterpénicos provenientes del ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagénico, ácido deoxifitolacagénico, ácido serjanico, y ácido $3\beta,23,30$ -trihidroxi olean-12-eno-28-oico, con los grupos hidroxilo y carboxilato en el C-3 y C-28, respectivamente.²⁸⁻²⁹ Las saponinas se biosintetizan a partir del ácido mevalónico.³⁰ (Anexo 3).

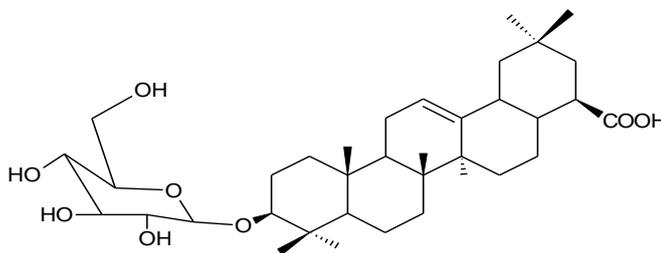


Figura 3. Estructura general de saponinas triterpénicas.

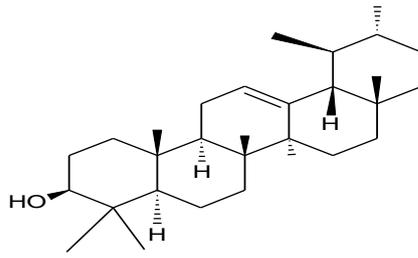


Figura 4. β -amirina, núcleo de saponinas triterpénicas

Según el número de sustituciones presenta agliconas mono, di o triglicosilada también denominadas mono, di o tridesmosídicas.³¹

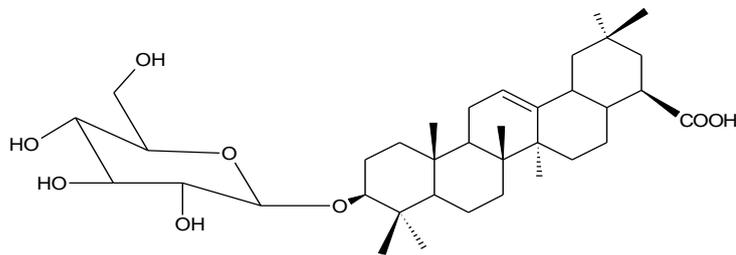


Figura 5. Saponina monoglicosilada (monodesmósido).

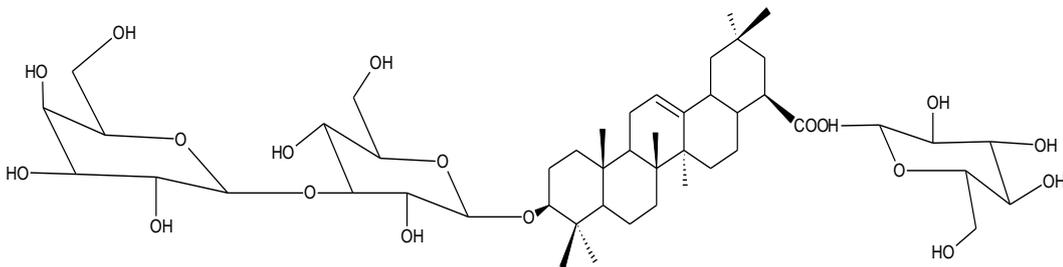


Figura 6. Saponina diglicosilada (bidesmósido).

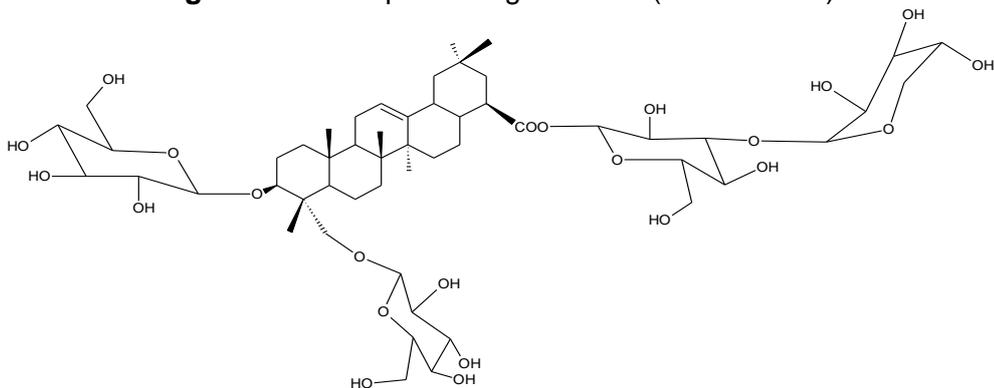
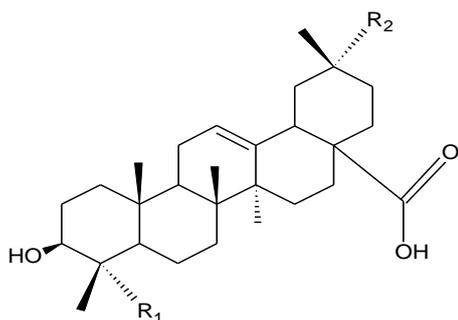


Figura 7. Saponina triglicosilada (tridesmósido).

Se logró encontrar agliconas presentes en la quinua; en las hojas predomina la hederagenina, el ácido oleanólico y serjánico en las semillas.³¹



Aglicona	R ₁	R ₂
Ácido oleanólico	CH ₃	CH ₃
Hederagenina	CH ₂ OH	CH ₃
Ácido fitolacagénico	CH ₂ OH	COOCH ₃
Ácido serjánico	CH ₃	COOCH ₃

Figura 8. Agliconas de saponinas triterpénicas en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.

2.5. Germinación de las semillas

La mayoría de las semillas están aptos a permanecer durante largos periodos de tiempo, en un período en el que las actividades vitales se reducen al mínimo.⁶ Las semillas de quinua en óptimas condiciones de humedad, oxígeno y temperatura suelen germinar rápidamente. El agua y la temperatura es vital para dar inicio del proceso y el sustento de un metabolismo apropiado. La estructura que emerge primero es la radícula la cual se extiende hacia el suelo y de esta manera se inicia la formación del sistema radicular. El hipocótilo se extiende de la semilla hacia arriba y atraviesa el suelo llevando los cotiledones.³²

2.5.1 Fases de la germinación

a. Fase de hidratación.

Fase donde la semilla logra absorber agua (imbibición) por sus tejidos que componen. Esta hidratación va ser variada de acuerdo al tipo de variedad de la semilla. La hidratación de los tejidos de la semilla (especialmente los que forman el embrión) viabiliza procesos metabólicos que son vitales para que tengan lugar las siguientes etapas del proceso de germinación.⁶

b. Fase de germinación.

En esta fase se producen importantes cambios metabólicos en la semilla que allanan el camino para la siguiente etapa de crecimiento y, por tanto, son fundamentales para el normal desarrollo de la plántula. En esta fase disminuye la ingesta de agua y el consumo de oxígeno se ve normalizado.⁶

c. Fase de crecimiento.

Comienza las visibles variaciones morfológicas de la semilla; con la elongación de la radícula. Fisiológicamente, se diferencia por un aumento constante de retención de agua y de la actividad respiratoria. En la segunda fase los procesos que sufría

la semilla eran reversibles; ahora los procesos fisiológicos en esta fase de crecimiento son irreversibles, de modo que si una semilla logra pasar la fase de germinación tendrá dos caminos: entrar en fase de crecimiento y conducir a la formación de una plántula, o perder la capacidad de continuar con la fase y terminar muriendo. Una vez que la radícula rompe las cubiertas seminales; se inicia el desarrollo de la plántula.⁶

2.5.2 Presencia de las hormonas en la germinación:

- **Fitoecdisteroides.**

Los fitoecdisteroides son compuestos polihidroxilados naturales que presentan un esqueleto de cuatro anillos, habitualmente compuesto por 27 átomos de carbono.³³ La presencia en niveles elevados de los fitoecdisteroides en la semilla de quinua proporciona un sistema de defensa de ataques de insectos, además, le confiere propiedades farmacológicas que benefician a los mamíferos. El más abundante es 20-hidroxiecdisona (20HE), es secretado en los primeros estadios de la fase de germinación que están inalteradas en el agua.³⁴

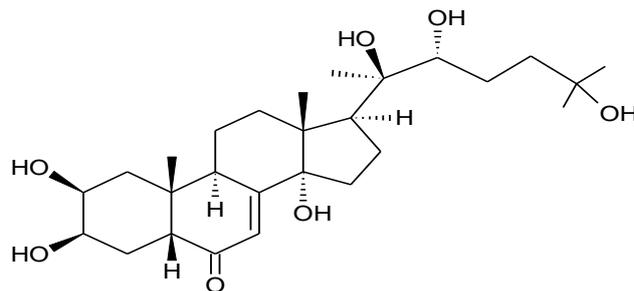


Figura 9. Estructura de la 20-hidroxiecdisona, presente en *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.

2.5.3 Factores que afectan a la germinación

- Suficiente abastecimiento de agua.
- Temperatura entre 20 ° a 30 ° C.
- Gases atmosféricos como el oxígeno 20 % y CO₂ 0,03 %.
- Luz.
- Exclusión de inhibidores de la germinación (herbicidas e insecticidas).

Estos principios esenciales pueden variar según las variedades y especies.³⁵

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Farmacognosia, de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

3.2. Definición de la población y muestra.

3.2.1. Población.

Semillas de 10 variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” proporcionadas por el Proyecto FOCAM: Fortalecimiento de capacidades para realizar investigaciones genómicas, fitoquímicas, farmacológicas y toxicológicas de la Región de Ayacucho; por la proporción de las variedades de las semillas de “quinua”.

3.2.2. Muestra.

100 g semilla de cada variedad. El tipo de muestreo fue por conveniencia, seleccionándose las semillas en buen estado.

3.2.3. Unidad de análisis.

Extracto metanólico del germinado de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.

3.3. Procedimiento para la recolección de datos.

3.3.1. Recolección de la muestra vegetal.

Las semillas fueron recolectadas durante el mes de diciembre de 2022 y fueron llevados al Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Una parte de la muestra colectada fue enviada al despacho de la Blga. Laura Aucasime para su certificación botánica correspondiente (Anexo 1).

3.3.2. Obtención del germinado.

Se siguió el procedimiento descrito por Aphalo *et al.*³⁶. Los brotes obtenidos fueron secados a 45 °C por 48 h, luego fueron triturados con un molino doméstico y almacenado en un frasco ámbar en refrigeración, hasta su uso. (Anexo 4).

3.3.3. Obtención de extracto metanólico.

Para realizar la extracción se siguió el procedimiento establecido por Hirose *et al.*³⁷ con ligeras modificaciones. El extracto final será conservado en frasco ámbar a -20 °C hasta su uso (Anexo 5).

3.3.4. Determinación del contenido de fenoles totales.

Los fenoles totales se determinó por el método de Folin – Ciocalteu establecido por Singleton *et al.*³⁸ con algunas modificaciones. Se preparó la muestra a la concentración de 1 mg/mL y se preparó una curva de calibración con ácido gálico y se siguió el procedimiento establecido en el (anexo 6). El contenido se expresó como mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg GAE/g de extracto) (Anexos 7 y 8).

3.3.5. Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.

Se utilizó el procedimiento descrito por Hiai *et al.*³⁹ Se preparó la muestra a la concentración de 5 mg/mL. Se midió 0,2 mL de la muestra y se evaporó a sequedad en baño maría a 70 °C. Una vez enfriado, el residuo se mezcló con 0,2 mL de vainillina al 5 % (p/v). Posteriormente, se agregó 0,8 mL de ácido perclórico al 72 % y se dejó reaccionar en baño de agua a 70 °C durante 10 min. Se enfrió la mezcla y se adicionó 5 mL de ácido acético 17 M y se incubó a temperatura ambiente por 10 min. Se preparó una curva de calibración con saponinas de *Quillaja saponaria* (Sigma Aldrich) a las concentraciones 0,025; 0,050; 0,10; 0,20 y 0,30 mg/mL, respectivamente. La absorbancia de la reacción se midió a 550 nm. Los resultados fueron expresados como mg de saponinas equivalentes de *Quillaja saponaria* por gramo de muestra (mg SEQS/g de extracto) (Anexos 9, 10 y 11).

3.3.6. Determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.

Se siguió el procedimiento establecido por Koziol⁴⁰. Se utilizó como estándar saponinas de *Quillaja saponaria* (Sigma Aldrich), con el cual se preparó una curva de calibración a partir de una solución madre a 0,05 mg/mL. Se añaden en tubos de ensayo 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 mg del estándar y se completa a 5 ml con agua

destilada. Se agitó 30 segundos, después de 30 segundos se tiene la primera medición. La segunda medición se realizó después de 15 minutos de la primera agitación. Se volvió a agitar por 30 segundos y 30 segundos después se obtuvo la tercera medición y finalmente luego de 15 min de reposo la cuarta medición, se obtuvieron promedios de la altura de la espuma. Para las muestras se preparó una solución de 50 mg/mL; se tomó 1 mL y se completó a 5 mL; y luego se siguió el procedimiento descrito anteriormente (Anexo 12). Los resultados fueron expresados como mg de saponinas equivalentes de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (mg SEQS/g de extracto) (Anexos 13, 14 y 15).

Para determinar el porcentaje de saponinas se empleó la siguiente fórmula empleada por Koziol.⁴⁰

$$\% \text{ saponina} = \frac{(0,646 \times h) - 0,104}{m(g) \times 10}$$

3.3.7. Determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.

Se siguió el procedimiento establecido por Mackie *et al.*⁴¹ Se obtuvieron muestras de sangre y se mezcló en un tubo de ensayo con igual volumen de solución de Alsever's (Sigma Aldrich), se centrifugó a 3000 RPM durante 10 min y se desechó el plasma. El paquete de glóbulos rojos fue lavado 3 veces con suero fisiológico y se preparó una suspensión de glóbulos rojos al 3 % con solución salina. Se elaboró una curva de calibración utilizando saponina estándar (*Quillaja saponaria*) a una concentración de 10 mg/mL; del cual se tomó alícuotas de 0,2 mL; 0,4 mL; 0,6 mL; 0,8 mL y 1,0 mL; se enrazó a 1 mL con suero fisiológico y se le añadió 1 ml de la suspensión de glóbulos rojos al 3 %. Se incubó a temperatura ambiente por 4 horas y se leyó a la absorbancia a 650 nm. Para las muestras de quinua se preparó una solución a 10 mg/mL, del cual se puso en un tubo 2 mL y se completó con 2 mL de la suspensión de glóbulos rojos al 3 %, después de incubar durante 4 horas a temperatura ambiente se leyó la absorbancia a 650 nm. Los resultados fueron expresados como mg de saponinas equivalentes de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (mg SEQS/g de extracto). (Anexos 16, 17, 18 y 19).

3.4. Análisis de datos.

Los resultados se expresarán como la media \pm desviación estándar y son presentados en forma de tablas y figuras. Todos los ensayos fueron realizados por triplicado. Las diferencias entre el contenido de fenoles totales y saponinas en el germinado de semillas de las variedades de *Chenopodium quinoa* Willd.

“quinua” fueron evaluadas mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey, con un nivel de significancia $p < 0,05$.

IV. RESULTADOS

Tabla 2. Porcentaje del rendimiento del extracto metanólico obtenido del germinado de las semillas de 10 variedades de *Chenopodium quinoa Willd.* "quinua". Ayacucho 2023.

N°	Variedad	Peso de muestra (g)	Peso seco de extracto (g)	Rendimiento (%)
1	Amarillo Maranganí	22,3	2,63	11,79
2	Roja pasankalla	20,1	2,52	12,54
3	Blanca arete	20,5	2,45	11,95
4	Blanca Junín	22,4	2,15	9,60
5	Blanca choclito	20,6	2,06	10,00
6	Matachín	21,3	2,20	10,33
7	Roja Chiara	19,8	2,13	10,76
8	Roja salmantina	22,0	2,39	10,86
9	Amarillo Sacaca	21,6	2,19	10,14
10	Negra ccoito	19,6	1,94	9,90

$$\bar{x} = 10,79$$

\bar{x} = Promedio del porcentaje de rendimiento.

Tabla 3. Contenido de fenoles totales y saponinas en semillas germinadas de 10 variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua". Ayacucho 2023.

N°	Variedad	Fenoles totales (mg GAE/g de extracto)	Saponinas (mg SEQS/g de extracto)	Relación Fenoles totales/saponinas
1	Amarillo Maranganí	107,28 ± 4,06 ^{bc}	165,29 ± 6,05 ^{ef}	0,65
2	Roja pasankalla	118,51 ± 6,38 ^{cd}	174,20 ± 1,93 ^f	0,68
3	Blanca arete	178,37 ± 5,56 ^e	216,87 ± 2,58 ^h	0,82
4	Blanca Junín	115,78 ± 7,03 ^{cd}	91,44 ± 2,03 ^b	1,27
5	Blanca choclito	100,82 ± 2,94 ^b	108,08 ± 1,60 ^c	0,93
6	Matachín	121,56 ± 3,91 ^d	94,56 ± 2,34 ^b	1,29
7	Roja Chiara	107,28 ± 7,72 ^{bc}	131,76 ± 2,03 ^d	0,81
8	Roja salmantina	66,80 ± 2,94 ^a	206,09 ± 7,79 ^g	0,32
9	Amarillo Sacaca	107,96 ± 0,68 ^{bc}	82,06 ± 2,76 ^a	1,32
10	Negra ccoito	97,41 ± 1,37 ^b	161,78 ± 3,83 ^e	0,60

*ANVA: p<0,05

** Prueba de Tukey: las letras diferentes significan respuestas diferentes.

Tabla 4. Contenido de saponinas determinados por los métodos colorimétrico, de espuma y hemolítico en semillas germinados de 10 variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua". Ayacucho 2023.

N°	Variedad	Métodos			Hemolítico (mg SEQS/g de extracto)
		Colorimétrico (mg SEQS/g de extracto)	Espuma		
			(mg SEQS/g de extracto)	%	
1	Amarillo Maranganí	165,29 ± 6,05 ^{ef}	6,58 ± 0,51 ^e	0,06	123,6 ± 8,16 ^d
2	Roja pasankalla	174,20 ± 1,93 ^f	1,90 ± 0,00 ^a	-0,01	239,99 ± 0,71 ^h
3	Blanca arete	216,87 ± 2,58 ^h	8,33 ± 0,51 ^f	0,07	34,84 ± 1,28 ^a
4	Blanca Junín	91,44 ± 2,03 ^b	3,95 ± 0,51 ^c	0,01	93,14 ± 2,08 ^b
5	Blanca choclito	108,08 ± 1,60 ^c	6,87 ± 0,51 ^e	0,06	106,81 ± 6,24 ^c
6	Matachín	94,56 ± 2,34 ^b	12,72 ± 0,51 ^g	0,15	206,79 ± 4,91 ^f
7	Roja Chiara	131,76 ± 2,03 ^d	2,78 ± 0,00 ^{ab}	-0,01	93,13 ± 3,64 ^b
8	Roja salmantina	206,09 ± 7,79 ^g	5,12 ± 0,51 ^d	0,03	181,7 ± 4,54 ^e
9	Amarillo Sacaca	82,06 ± 2,76 ^a	6,29 ± 0,00 ^e	0,06	218,87 ± 0,99 ^g
10	Negra ccoito	161,78 ± 3,83 ^e	3,66 ± 0,00 ^{bc}	0,02	37,01 ± 0,75 ^a

*ANVA: p<0,05

** Prueba de Tukey: las letras diferentes significan respuestas diferentes.

V. DISCUSIÓN

La germinación induce a las enzimas a dividir a los carbohidratos, lípidos y proteínas en sus unidades básicas y estimula a las proteasas a destruir proteínas, así facilitando la biodisponibilidad de los nutrientes. El almidón y las proteínas son activados; y descompuestos por las enzimas hidrolíticas, resultando en el surgimiento de oligosacáridos, así como, de aminoácidos. Los mismos procesos también se evidencian en los cambios producidos en el contenido de minerales, compuestos fenólicos, entre los cuales, se encuentran los flavonoides, asimismo, otros como las saponinas.³⁵

En la **Tabla 2**, se muestra el rendimiento del extracto metanólico obtenido de los germinados de las variedades de *C. quinoa* Willd., en el cual, la variedad Roja pasankalla tuvo mayor rendimiento (12,54 %), mientras que, la variedad Blanca Junín tuvo menor rendimiento (9,60 %) y en promedio en todas las muestras se obtuvo un 10,79 % de rendimiento, respectivamente. No existen reportes del rendimiento de extractos metanólicos en germinados de semilla de quinua, sin embargo, se puede interpretar este resultado, como el resultado de la variación de los procesos bioquímicos o metabólicos involucrados en los procesos de germinación de cada variedad. Por otro lado, de modo general se reporta que el rendimiento de extractos metanólicos obtenidos de material vegetal podría llegar hasta 40% de rendimiento, como es el caso del extracto metanólico obtenido de hojas de *Senecio rufescens* DC⁴².

Nuestra investigación se proponía establecer la relación entre el contenido de fenoles totales y de saponinas, en el germinados de las semillas de quinua, teniendo en cuenta el rol fisiológico que cumplen ambos metabolitos secundarios. En la **Tabla 3**, se observa el contenido de fenoles totales y de saponinas. Respecto a los fenoles totales, se observa, que la variedad Blanca arete tuvo el mayor contenido ($178,37 \pm 5,56$ mg GAE/g de extracto), seguido por las variedades

Matachín ($121,56 \pm 3,91$ mg GAE/g de extracto) y Roja pasankalla ($118,51 \pm 6,38$ mg GAE/g de extracto), mientras que, la variedad Roja salmantina ($66,80 \pm 2,94$ mg GAE/g de extracto), tuvo menor contenido, respectivamente. Las diferencias en el contenido de fenoles totales fueron significativas (ANVA $p < 0,05$) (Anexo 20) y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, las dividió en cinco subgrupos de mayor a menor contenido a mayor contenido, respectivamente (Anexo 21). En la literatura se reporta el contenido de fenoles totales en semillas germinadas para las variedades de Roja pasankalla en el rango de ($31,28 \pm 0,42$ mg GAE/g de extracto) hasta un valor de ($308,32 \pm 2,91$ mg GAE/g de extracto).⁴³⁻³. Por consiguiente, los resultados del contenido de fenoles totales en el caso de la variedad roja pasankalla en este estudio están dentro del rango obtenido por otros autores. Según Han *et al.*³, las variedades de quinua coloreada entre las cuales están la quinua roja y la quinua negra contienen un mayor contenido de betalainas; estas tienden a reaccionar con el reactivo de Folin - Ciocalteu y tienden a aumentar el contenido de fenoles, es por ello que hay una correlación positiva en el contenido elevado de fenoles en la variedad de Matachín para este estudio, ya que esta también es una variedad que pertenece a quinua coloreada. Además, estas diferencias en el contenido de fenoles totales se deben a factores como tipo de suelo⁴⁴; y de manera general el contenido de fenoles también se ve afectada por el estrés hídrico.⁴⁵ En el caso de las saponinas, no existen reportes de contenido de saponinas en germinados, por tanto, este trabajo constituye el primer reporte. En la **Tabla 3**, se observa que la variedad Blanca arete contiene el mayor contenido de saponinas ($216,87 \pm 2,58$ mg SEQS/g de extracto) y el menor contenido obtuvo la variedad Amarilla Sacaca ($82,06 \pm 2,76$ mg SEQS/g de extracto). En la literatura de manera general, en semillas de genotipo dulce de la quinua, el contenido de saponina oscila entre (20-40 mg de saponina/g de peso seco) y el genotipo amargo oscila entre (140-2300 mg de saponina/g de peso seco)⁴⁶. Nuestros hallazgos coinciden con el contenido de saponinas de las variedades estudiadas para el caso del genotipo amargo. Además podemos observar que de las diez variedades estudiadas ninguno superó los 250 mg de saponina/g de muestra; el ácido fitolacagénico es un glucósido triterpeno existente en las semillas de quinua.⁴⁷ Según Lazo-Vélez *et al.*⁴⁸ el contenido de saponina en *Chenopodium berlandieri* spp. (huauzontle) se vio influenciado por el tiempo de germinación incrementándose su abundancia, por el contrario, en la presente investigación se evidenció una disminución del contenido de saponinas de las variedades estudiadas en el mismo período de germinación. Además, indica que

la saponina de ácido fitolacagénico está más concentrados en el salvado de la semilla, a su vez, está más expuesta a la hora de germinar al agua, por tanto, se tiende a perder el contenido de saponina. Asimismo, se observa que en la **Tabla 3** se presenta la relación entre el contenido de fenoles totales con el contenido de saponinas. En el cual, para las variedades Blanca Junín, Matachín y Amarilla Sacaca tienen mayor contenido de fenoles respecto a saponinas; mientras que, las variedades Roja salmantina, Negra ccoito y Amarillo Maranganí tuvieron mayor contenido de saponinas respecto a los fenoles. Esto demuestra, que no existe una uniformidad en la biosíntesis de fenoles totales y saponinas en las variedades estudiadas, asimismo, que las variedades coloreadas como la Roja salmantina y Negra ccoito muestran un alto contenido de saponinas. Se podría deducir que cuando germinan las semillas de quinua, también muestran cierto grado de vulnerabilidad frente a sus depredadores y como respuesta biosintetizan en mayor o menor grado estos dos metabolitos secundarios. Por otro lado, se sabe que los tipos de compuestos fenólicos presentes en las semillas varían entre solubles y conjugados, siendo los primeros los más estudiados, mientras que, los segundos solo evidencian su presencia en mayor número durante la germinación, por tanto, podría deberse a este cambio, el incremento del contenido de fenoles totales durante la germinación, el cual va más allá de su rol fisiológico de protección.³⁵

Respecto a la variación del contenido de saponinas y compuestos fenólicos, en germinados de semilla de quinua, Suarez Estrella *et al.*⁴⁹, reportan en su estudio que las saponinas disminuyen después de 72 horas de germinación a 22°C hasta un valor de 0,86 mg/100 g de muestra, para el cual, utilizaron semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Titicaca., incluso reportan el contenido de las saponinas individuales: glucosa – glucosa – ácido oleanólico (0,28 mg/100 g de muestra), glucosa – arabinosa – hederagenina (0,11 mg/100 g de muestra), glucosa – glucosa – ácido serjánico, arabinosa- ácido fitolacagénico (0,047 mg/100 g de muestra), glucosa – arabinosa – ácido fitolacagénico (0,24 mg/100 g de muestra) y glucosa – glucosa – ácido fitolacagénico (0,053 mg/100 g de muestra), mientras que, el contenido de fenoles totales alcanza su máximo contenido (4,39 mg GAE/g de muestra) a las 48 horas de germinación y disminuye (3,92 mg GAE/g de muestra) a las 72 horas de germinación, además de un incremento de los compuestos fenólicos libres o solubles y una disminución de los compuestos fenólicos ligados o conjugados. Ellos mismos refieren que el efecto del geminado sobre el contenido de saponinas no es consistente en la literatura

científica, puesto que disminuye en algunos casos como en huazontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), que es un pariente de la quinua y en algunas leguminosas como el garbanzo (*Cicer arietinum* L.), frejol (*Cajanus cajan* (L.) Huth), frejol negro (*Vigna mungo* (L.) Hepper) y poroto (*Phaseolus vulgaris* L.); y por otro lado, se ha reportado un incremento en la soya (*Glycine max* (L.) Merr.); y las lentejas (*Lens culinalaris* Medik), concluyendo que el tipo de grano, las condiciones de germinación, la aproximación analítica podría ser tomado en cuenta en las diferencias entre los resultados de esos estudios.

Además, Guajardo Flores *et al.*¹⁴, reportó la variación del contenido de saponinas, flavonoles e isoflavonas en el germinado del frejol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), observándose un incremento en el contenido de saponinas en un 1,9 veces después del primer día de germinación, la concentración de flavonoles disminuyó durante la germinación, pero se incrementó la concentración de flavonoles no glicosilados.

En la **Tabla 4**, se observa el resultado del contenido de saponinas según los tres procedimientos descritos en la metodología. Las saponinas son metabolitos secundarios que se caracterizan por tener un núcleo esteroide o triterpenoide, pero lo determinante es su capacidad para producir espuma y hemólisis de los glóbulos rojos, debido a que existen metabolitos secundarios que pueden ser esteroides o triterpenoides, pero no son saponinas. En la **Tabla 4**, se observa que las variedades Matachín y Amarilla Sacaca mostraron mayor contenido de saponinas con los ensayos de espuma y por método hemolítico; la variedad Roja pasankalla mayor contenido de saponinas por método hemolítico ($239,99 \pm 0,71$ mg SEQS/ g de extracto) y la variedad Matachín mayor altura en la producción de espuma ($12,72 \pm 0,51$ mg SEQS/g de extracto); mientras que, se puede afirmar que la variedad Roja salmantina aparentemente muestra un mayor contenido de saponinas con los tres ensayos realizados ($206,09 \pm 7,79$ mg de SEQS/g de extracto; $5,12 \pm 0,51$ mg de SEQS/g de extracto y $181,7 \pm 4,54$ mg de SEQS/g de extracto; respectivamente). Asimismo, se demuestra que existen diferencias significativas entre el contenido de saponinas evaluadas por los métodos colorimétrico (Anexo 22 y 23), método de la espuma (Anexo 24 y 25) y el hemolítico (Anexos 26 y 27), respectivamente.

No existe reportes de contenido de saponinas por estos métodos en semillas germinadas de quinua, por lo cual, este trabajo presenta el primer reporte. En la

literatura se reporta el contenido de saponinas por el método de espuma en semillas de quinua no germinadas, en donde, se obtuvo el mayor porcentaje de saponina en la variedad Amarilla Maranganí (0,71 %) obtenidos a partir de un extracto etanólico.⁵⁰ En comparación con nuestro estudio la variedad de Amarilla maranganí obtuvo un 0,06 %, con este resultado observamos una relación positiva a lo mencionado por Aldana⁶, en donde afirma que el proceso de germinación disminuye el contenido de saponinas. Böttcher y Drusch.⁵¹, realizaron un estudio en extractos de saponinas, en donde, llegan a una conclusión que existen tipos de espumas formados por la saponinas que algunos son más estables que otras, además que la reducción de pH puede aumentar la estabilidad de la espuma y también pueden ser afectadas la espuma por la fuerza iónica. Finalmente en la **Tabla 4**, se observa el contenido de saponinas según su actividad hemolítica, no existe evidencia científica para la determinación del contenido de saponinas por este método en semillas germinadas de quinua, por lo cual, este estudio representa el primer reporte en donde, podemos observar que la variedad de Roja pasankalla obtuvo el mayor contenido de saponinas por este método ($239,99 \pm 0,71$ mg SEQS/ g de extracto) y el menor contenido fue para la variedad Blanca arete ($34,84 \pm 1,27$ mg SEQS/g de extracto). En comparación con el método de espuma para determinar el contenido de saponinas, no existe una relación positiva con el método hemolítico ya que, según la literatura a mayor contenido de saponinas tendría que producir mayor hemólisis.⁵²; en el método de espuma la variedad roja pasankalla obtuvo el menor contenido, pero por actividad hemolítica obtuvo el mayor contenido; según Blasco *et al.*⁵³, de manera general la producción de espuma depende de las proteínas presentes en las plantas; por ello puede existir esta variación en el contenido de saponinas en ambos métodos. Además, la capacidad hemolítica de las saponinas va depender del tipo de saponina, la literatura menciona que las saponinas monodesmosídicos presentan mayor capacidad de producir hemólisis, a diferencia de las saponinas bidesmosídicos tienden a producir menor hemólisis.²⁶

VI. CONCLUSIONES

1. La semilla germinada de la variedad Blanca arete de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua", demostró tener una relación directa en el contenido de fenoles totales y saponinas (0,82), mientras que, el germinado de la variedad Roja salmantina demostró tener una relación inversa en el contenido de fenoles totales y saponinas (0,32), respectivamente.
2. La semilla germinada de *Chenopodium quinoa* Willd., "quinua", variedad Blanca arete demostró mayor contenido de fenoles totales ($178,37 \pm 5,56$ mg GAE/g de extracto), mientras que, la variedad Roja salmantina obtuvo el menor contenido ($66,80 \pm 2,94$ mg GAE/g de extracto).
3. La semilla germinada de *Chenopodium quinoa* Willd., "quinua" de la variedad Blanca arete ($216,87 \pm 2,58$ mg SEQS/g de extracto), mostró mayor contenido de saponinas y el menor contenido la variedad Amarilla sacaca ($82,06 \pm 2,76$ mg SEQS/g de extracto), por el método colorimétrico.
4. La semilla germinada de *Chenopodium quinoa* Willd., "quinua" de la variedad Matachín mostró mayor contenido de saponinas ($12,72 \pm 0,51$ mg SEQS/g de extracto) y menor contenido la variedad Roja pasankalla ($1,90 \pm 0,00$ mg SEQS/g de extracto), por el método de espuma.
5. Por el método hemolítico, la semilla germinada de *Chenopodium quinoa* Willd., "quinua" de la variedad Roja pasankalla mostró mayor contenido de saponinas ($239,99 \pm 0,71$ mg SEQS/g de extracto) y menor contenido la variedad Blanca arete ($34,84 \pm 1,27$ mg SEQS/g de extracto).

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos de palatabilidad en los germinados de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., estudiadas; para evaluar su aceptación como nutracéutico, dado su contenido de saponinas.
2. Identificar las saponinas presentes en los germinados de las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd., estudiadas en la presente investigación.
3. Determinar el contenido de saponinas según los días de germinación.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gimeno Creus E. Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Offarm.* 2004;23:80-4.
2. Mugford ST, Osbourn A. Saponin Synthesis and Function. *Isoprenoid Synth Plants Microorg.* 2012;405-24.
3. Han Y, Chi J, Zhang M, Zhang R, Fan S, Huang F, et al. Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on α -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biosci Biotechnol Biochem.* 2019;83:2128-39.
4. Gómez-Caravaca AM, lafelice G, Verardo V, Marconi E, Caboni MF. Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chem.* 2014;157:174-8.
5. Alan Bojanic. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. 2011;66.
6. Michel Hans Aldana. Efecto del germinado en el contenido de nutrientes y antinutrientes en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de la Región Junín [Internet]. [Huancayo]: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2019. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5053/T010_45997253_T.pdf?sequence=1
7. Choque-Quispe D, Ligarda-Samanez CA, Ramos-Pacheco BS, Leguía-Damiano S, Calla-Florez M, Zamalloa-Puma LM, et al. Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y contenido proteico de tres variedades de quinua germinada (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ing E Investig [Internet]*. 2021 [citado 27 de diciembre de 2022];41. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-56092021000200108&lng=en&nrm=iso&tlng=en
8. Morillo AC, Manjarres EH, Mora MS. Afrosymmetric method for quantifying saponins in *Chenopodium Quinoa* Willd. from Colombia. *Braz J Biol.* 2022;82:e262716.
9. Vásquez Remache, Belén E. Modelos factoriales y métodos multicriterio para la optimización de las condiciones de germinación de quinua para consumo [Internet]. [Ecuador]: Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología; 2022. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/11584/1/17116.pdf>
10. Lim JG, Park HM, Yoon KS. Analysis of saponin composition and comparison of the antioxidant activity of various parts of the quinoa plant (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sci Nutr.* 2020;8:694-702.
11. Peñafiel CC, Díaz Villar L. [Spectrophotometric determination of oleanolic acid and saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd, Kancolla variety)]. *Arch Latinoam Nutr.* 1988;38:113-31.

12. Lazo-Vélez MA, Guajardo-Flores D, Mata-Ramírez D, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldivar SO. Characterization and Quantitation of Triterpenoid Saponins in Raw and Sprouted *Chenopodium berlandieri* spp. (Huauzontle) Grains Subjected to Germination with or without Selenium Stress Conditions. *J Food Sci.* 2016;81:C19-26.
13. Ramos Gómez JF, Yábar Villanueva EF, Cora Huamán AM, Peña Rivera ÁO. Efecto del lavado, escarificación, tiempo de rehidratación y tiempo de germinación en el contenido de saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y en el porcentaje de germinación. *J Agri-Food Sci.* 2022;3:37-43.
14. Guajardo-Flores D, García-Patiño M, Serna-Guerrero D, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldivar SO. Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans. *Food Chem.* 2012;134:1312-9.
15. Gómez Pando L, Aguilar Castellanos E. Guía de cultivo de la quinua [Internet]. SINCO; 2016. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
16. Vilcacundo R, Miralles B, Carrillo W, Hernández-Ledesma B. In vitro chemopreventive properties of peptides released from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein under simulated gastrointestinal digestion. *Food Res Int.* 2018; 105:403-11.
17. Vilcacundo R, Hernández-Ledesma B. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Curr Opin Food Sci.* 2017;14:1-6.
18. Lin M, Han P, Li Y, Wang W, Lai D, Zhou L. Quinoa Secondary Metabolites and Their Biological Activities or Functions. *Molecules.* 2019;24:2512.
19. Valencia Z, Cámara F, Ccapa K, Catacora P, Quispe F. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.). *Rev Soc Quím Perú.* 2017;83:16-29.
20. Guzmán B, Tenorio R, Cruz DL, Espinal C, Alvarado JA, Mollinedo P. Saponins from *Chenopodium Quinoa* Willd and *Chenopodium Pallidicaule* Aellen as biocontrollers of phytopathogen fungi and hemolysis agents. *Rev Boliv Quím.* 2015;32:8-14.
21. Ruales J, Nair BM. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Plant Foods Hum Nutr Dordr Neth.* 1994;45:223-46.
22. Hernández Bermejo JE, Leon J, Programma Ethnobotánica 92, editores. Neglected crops: 1492 from a different perspective. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1994. 341 p. (FAO plant production and protection series).
23. Peñarrieta JM, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA. Phenolic Compounds In Food. *Rev Boliv Quím [Internet].* 2014;31. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
24. D.A. Martin G. Los Compuestos Fenólicos, Un Acercamiento A Su Biosíntesis, Síntesis Y Actividad Biológica. *Rev Investig Agrar Ambient [Internet].* 2020

[citado 19 de diciembre de 2023]; Disponible en:
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/index>

25. Campos-Rodriguez J, Acosta-Coral K, Paucar-Menacho LM, Campos-Rodriguez J, Acosta-Coral K, Paucar-Menacho LM. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Sci Agropecu.* 2022;13:209-20.
26. López Luengo MT. Saponósidos. *Offarm.* 2001;20:124-9.
27. Heng L, Vincken JP, Hoppe K, van Koningsveld GA, Decroos K, Gruppen H, et al. Stability of pea DDMP saponin and the mechanism of its decomposition. *Food Chem.* 2006;99:326-34.
28. Cuadrado C, Ayet G, Burbano C, Muzquiz M, Camacho L, Cavieres E, et al. Occurrence of saponins and sapogenols in Andean crops. *J Sci Food Agric.* 1995;67:169-72.
29. Kuljanabhadgavad T, Thongphasuk P, Chamulitrat W, Wink M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry.* 2008;69:1919-26.
30. Reynolds DJ. Genetic Dissection of Triterpenoid Saponin Production in *Chenopodium quinoa* Using Microarray Analysis. *Anim Sci Commons* [Internet]. 2009; Disponible en:
<https://scholarsarchive.byu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2973&context=etd>
31. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benítez R. Saponinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Rev Colomb Cienc Quím-Farm.* 2016;45:438-69.
32. Rosmery Donaire Eguívar. Estudio de germinación del cultivo agroecológico quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el hondo de elche (alicante) [Internet]. Universidad Miguel Hernández de Elche; 2019. Disponible en:
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5407/1/TFM%20Donaire%20Egu%20C3%ADvar%2C%20Rosmery.pdf>
33. Tarkowská D, Strnad M. Plant ecdysteroids: plant sterols with intriguing distributions, biological effects and relations to plant hormones. *Planta.* 2016;244:545-55.
34. Francisca Leonora S, Garcia Figueroa. Fitoquímica [Internet]. Mexico; 133 p. Disponible en:
<https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/2022/Publicaciones/libros/cbiologia/Fitoquimica.pdf>
35. Ikram A, Saeed F, Afzaal M, Imran A, Niaz B, Tufail T, et al. Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: A comprehensive review. *Food Sci Nutr.* 2021;9:4617-28.
36. Aphalo P, Martínez EN, Añón MC. Amaranth Sprouts: A Potential Health Promoting and Nutritive Natural Food. *Int J Food Prop.* 2015;18:2688-98.

37. Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* Willd. seeds cultivated in Japan. Food Chem. 2010;119:1300-6.
38. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. En: Methods in Enzymology [Internet]. Elsevier; 1999 [citado 3 de octubre de 2023]. p. 152-78. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0076687999990171>
39. Hiai S, Oura H, Nakajima T. Color reaction of some saponin and saponins with vanillin and sulfuric acid. Planta Med. 1976;29:116-22.
40. Koziol MJ. Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J Sci Food Agric. 1991;54:211-9.
41. Mackie AM, Lasker R, Grant PT. Avoidance reactions of a mollusc *Buccinum undatum* to saponin-like surface-active substances in extracts of the starfish *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*. Comp Biochem Physiol. 1968;26:415-28.
42. Aguilar Felices EJ, Bonilla Rivera PE, Enciso Roca EC. Capacidad antioxidante de extractos obtenidos de las hojas de *Senecio rufescens* DC. Rev Soc Quím Perú. 2020;86:374-85.
43. Enciso-Roca EC, Aguilar-Felices EJ, Tinco-Jayo JA, Arroyo-Acevedo JL, Herrera-Calderon O. Biomolecules with Antioxidant Capacity from the Seeds and Sprouts of 20 Varieties of *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa). Plants. 2021;10:2417.
44. Yawadio Nsimba R, Kikuzaki H, Konishi Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. Food Chem. 2008;106:760-6.
45. B.R. Vázquez de Aldana, B. González Rodríguez, A. García Ciudad, A. Álvarez Pascua, B. García Criado. Efecto del estrés hídrico sobre el contenido de compuestos fenólicos en *Festuca rubra*. :155-61.
46. Hernández-Ledesma B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as source of bioactive compounds: a review. Bioact Compd Health Dis. 2019;2:27.
47. Thomas E, Vandebroek I, Van Damme P, Goetghebeur P, Douterlungne D, Sanca S, et al. The relation between accessibility, diversity and indigenous valuation of vegetation in the Bolivian Andes. J Arid Environ. 2009;73:854-61.
48. Lazo-Vélez MA, Guajardo-Flores D, Mata-Ramírez D, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldivar SO. Characterization and Quantitation of Triterpenoid Saponins in Raw and Sprouted *Chenopodium berlandieri* spp. (Huauzontle) Grains Subjected to Germination with or without Selenium Stress Conditions. J Food Sci. 2016;81:C19-26.
49. Suárez-Estrella D, Borgonovo G, Buratti S, Ferranti P, Accardo F, Pagani MA, et al. sprouting of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Effect on saponin

content and relation to the taste and astringency assessed by electronic tongue. LWT. 2021;144:111234.

50. Campos Pacheco Milagros. "Aprovechamiento de saponina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para obtención de plaguicida orgánico y aplicación en *Eurysacca Melanocampta* (polilla de quinua)" [Internet]. [Lambayeque- Perú]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2021. Disponible en:
https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/9405/Campos_Pacheco_Milagros_Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
51. Böttcher S, Drusch S. Interfacial Properties of Saponin Extracts and Their Impact on Foam Characteristics. Food Biophys. 2016;11:91-100.
52. Pujol Garcia A, Tamargo B, Salas E, Acevedo R, Sierra G. Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. Bionatura. 2020;5:1209-14.
53. Blasco L, Viñas M, Villa TG. Proteins influencing foam formation in wine and beer: the role of yeast. Int Microbiol Off J Span Soc Microbiol. 2011;14:61-71.

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de identificación botánica.

CONSTANCIA

LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:

Que, el Bach. en Farmacia y Bioquímica, Sr. Romer, CHIMAICO QUISPE ha solicitado la identificación de una muestra vegetal pára trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988. siendo su taxonomía la siguiente:

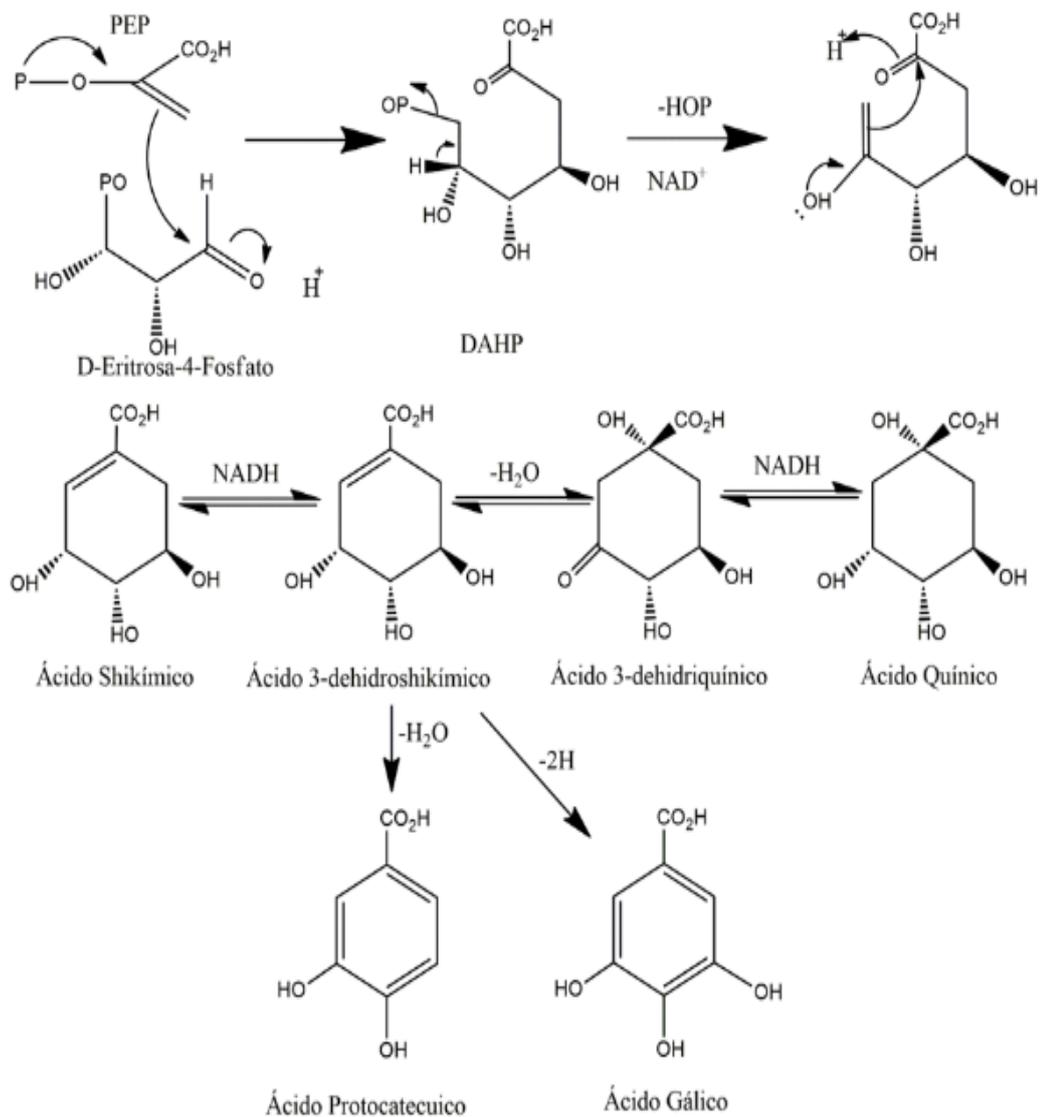
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	CARYOPHYLLIDAE
ORDEN	:	CARYOPHYLLALES
FAMILIA	:	CHENOPODIACEAE
GENERO	:	Chenopodium
ESPECIE	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
N.V.	:	"quinua"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

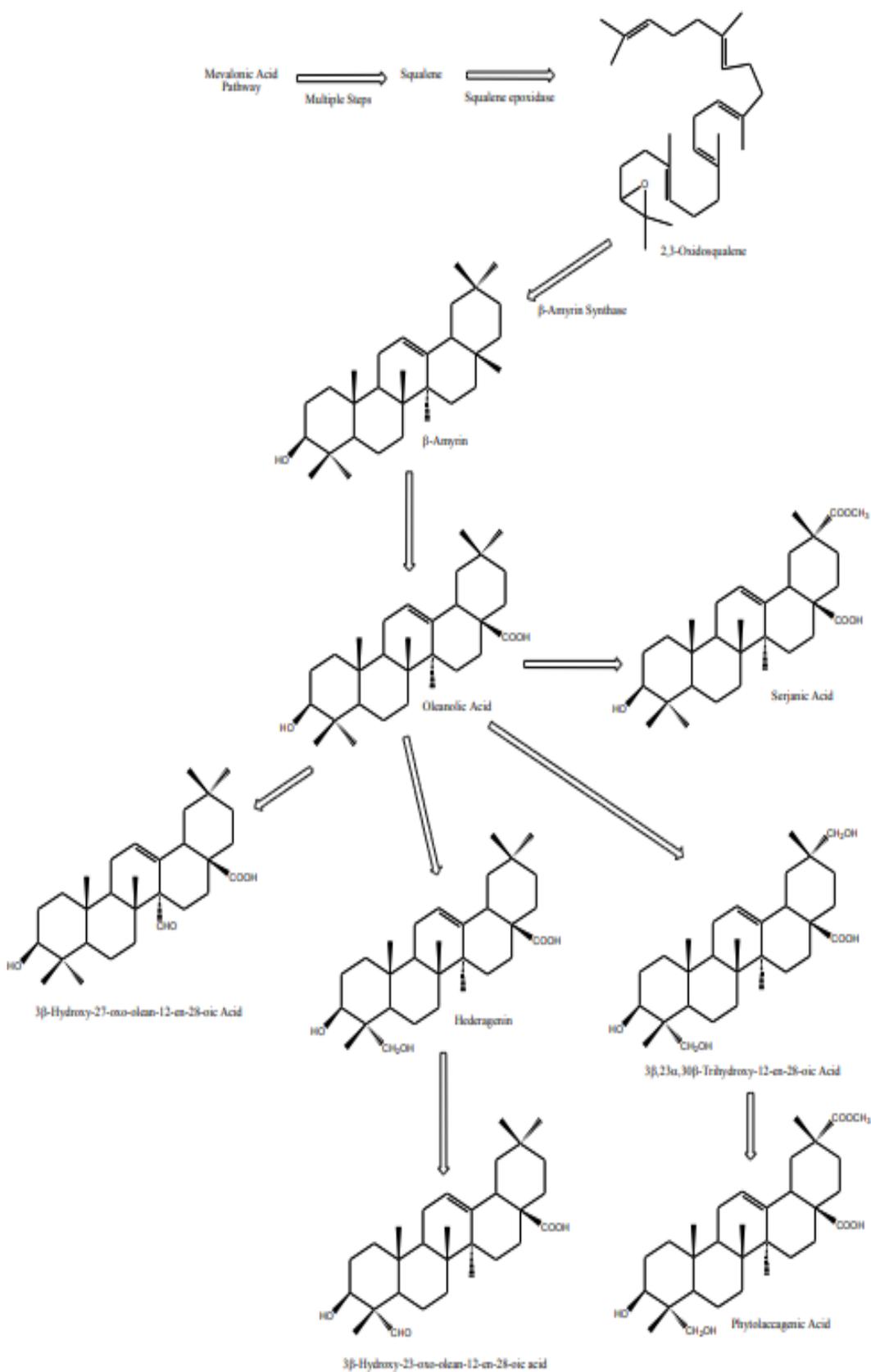
Ayacucho, 14 de Diciembre del 2 022


LAURA AUCASIME MEDINA
BIÓLOGA
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

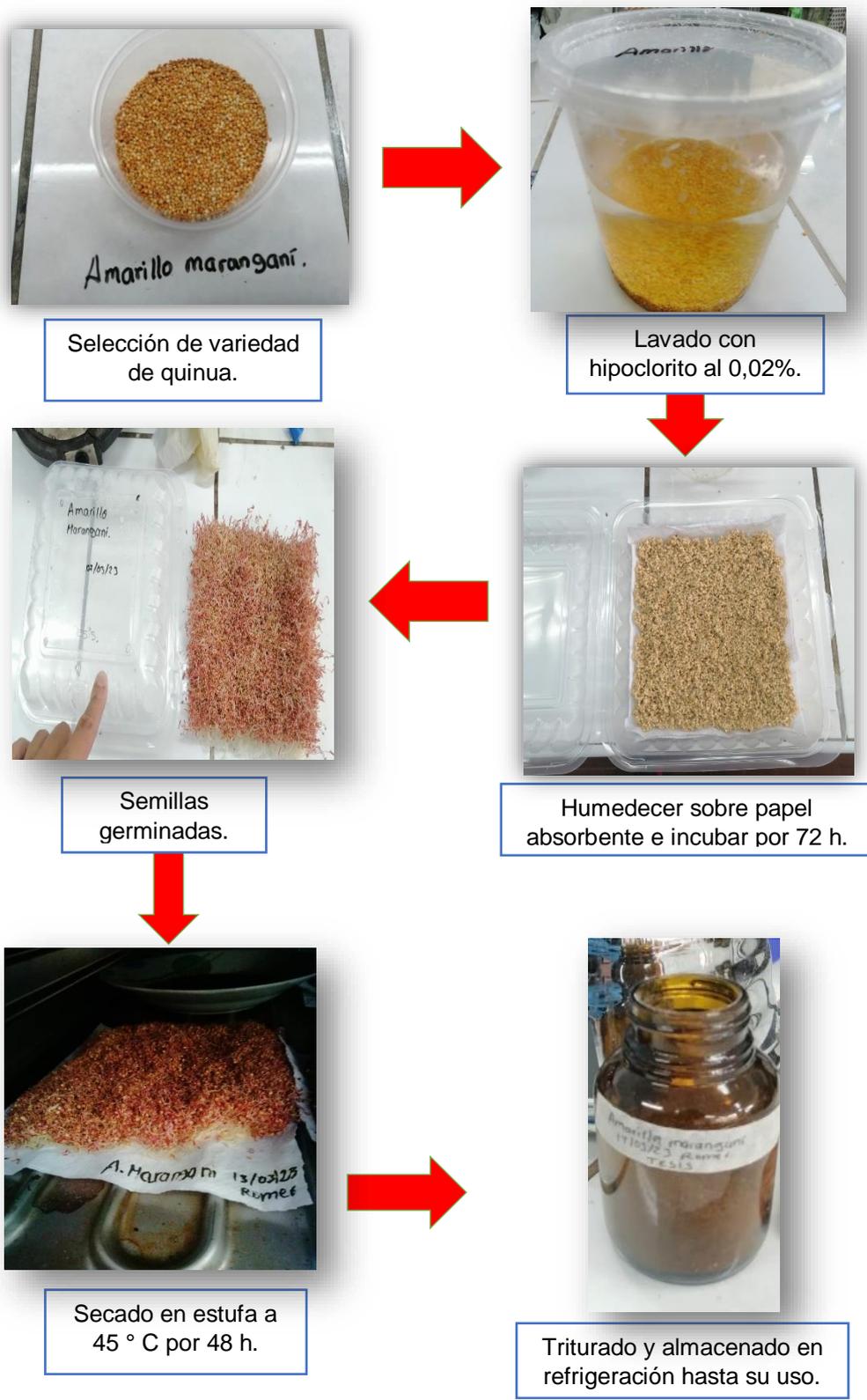
Anexo 2. Biosíntesis de los compuestos fenólicos.



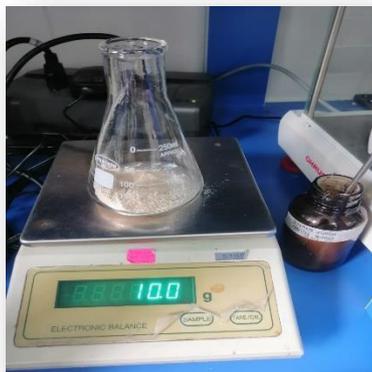
Anexo 3. Biosíntesis de las saponinas.



Anexo 4. Obtención del extracto seco a partir del germinado de semillas.



Anexo 5. Obtención del extracto metanólico.



Pesado de muestra 10 g.



Extracción con 100 mL de metanol en agitador por 4 h.



Concentrar en rotavapor BUCHI R-300, hasta sequedad.

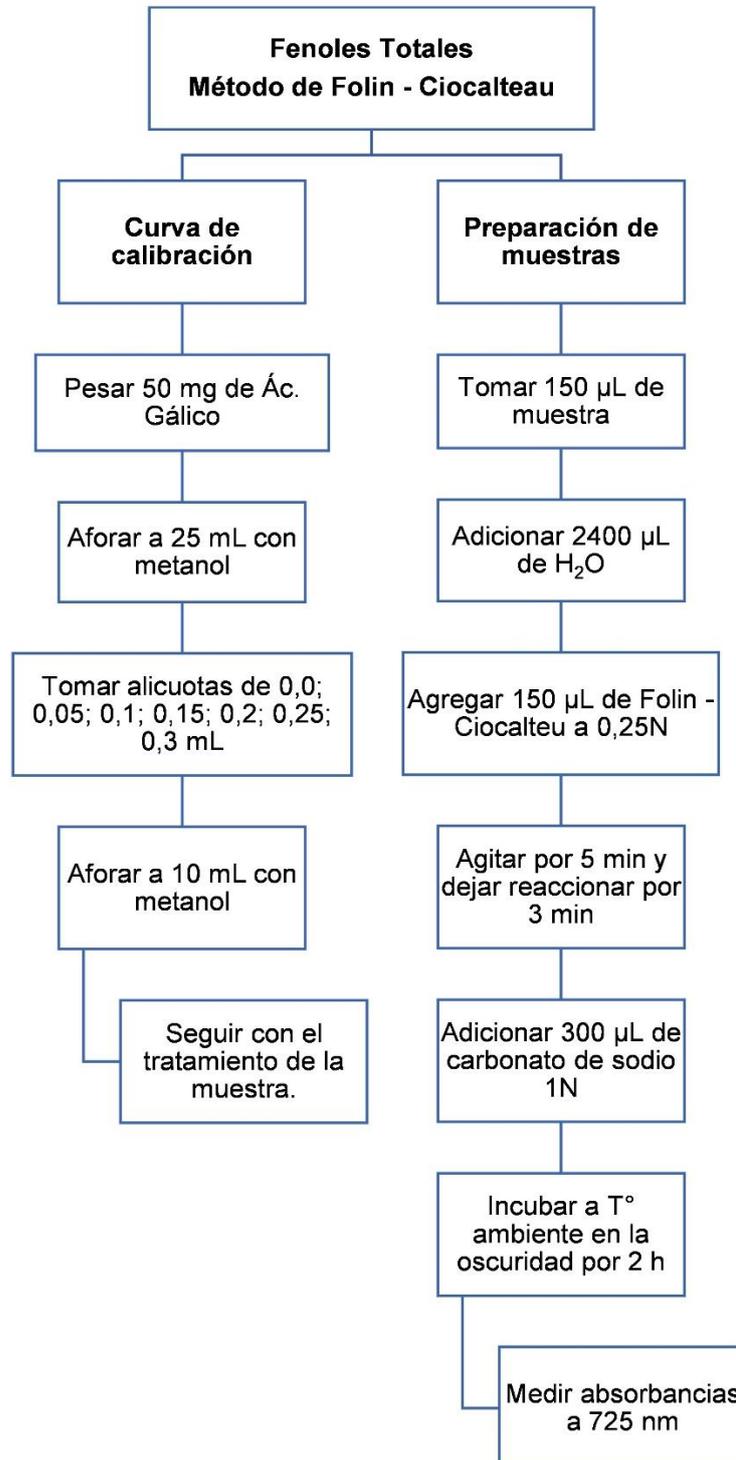


Centrifugar a 2500 RPM x 10 min, repetir 1 vez el proceso.

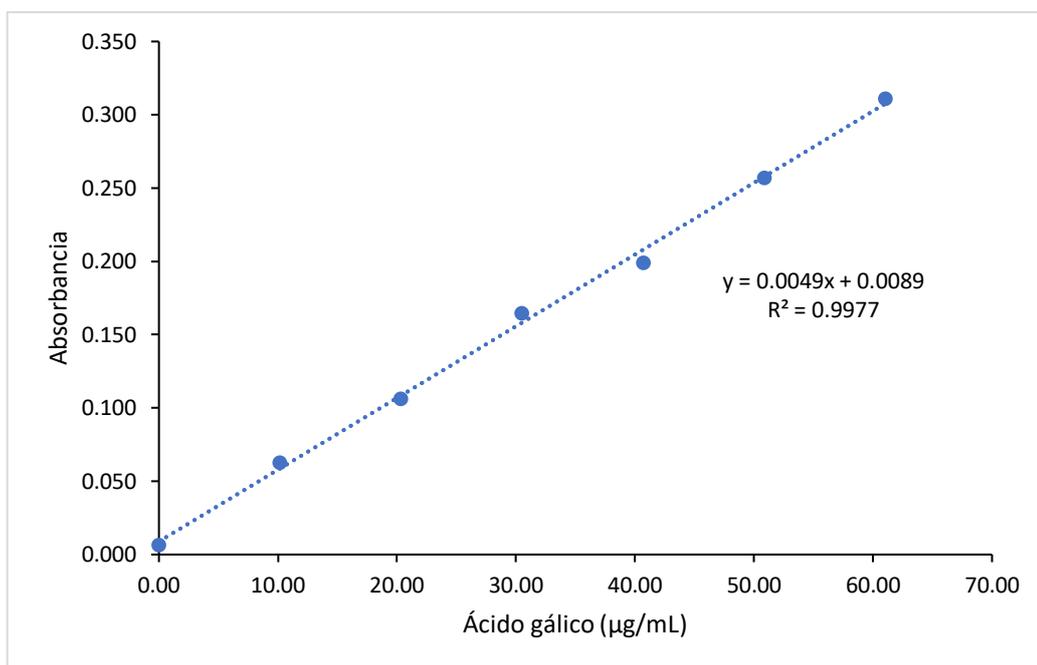


Conservar en frasco ámbar a -20°C hasta su uso.

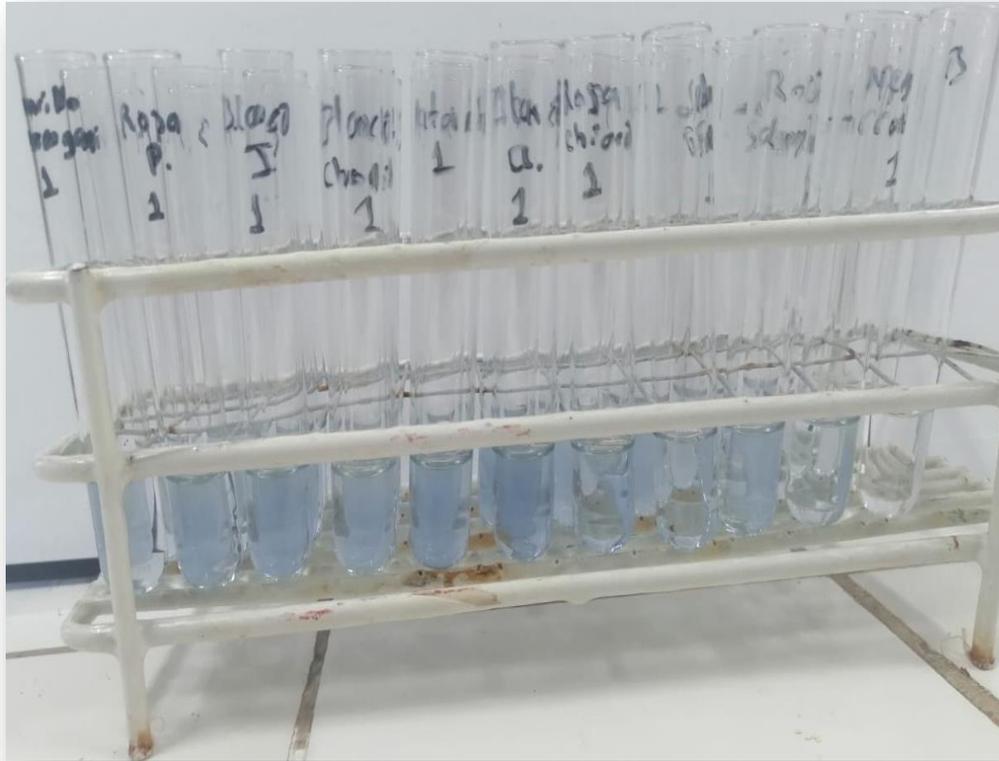
Anexo 6. Procedimiento para la determinación del contenido de fenoles totales.



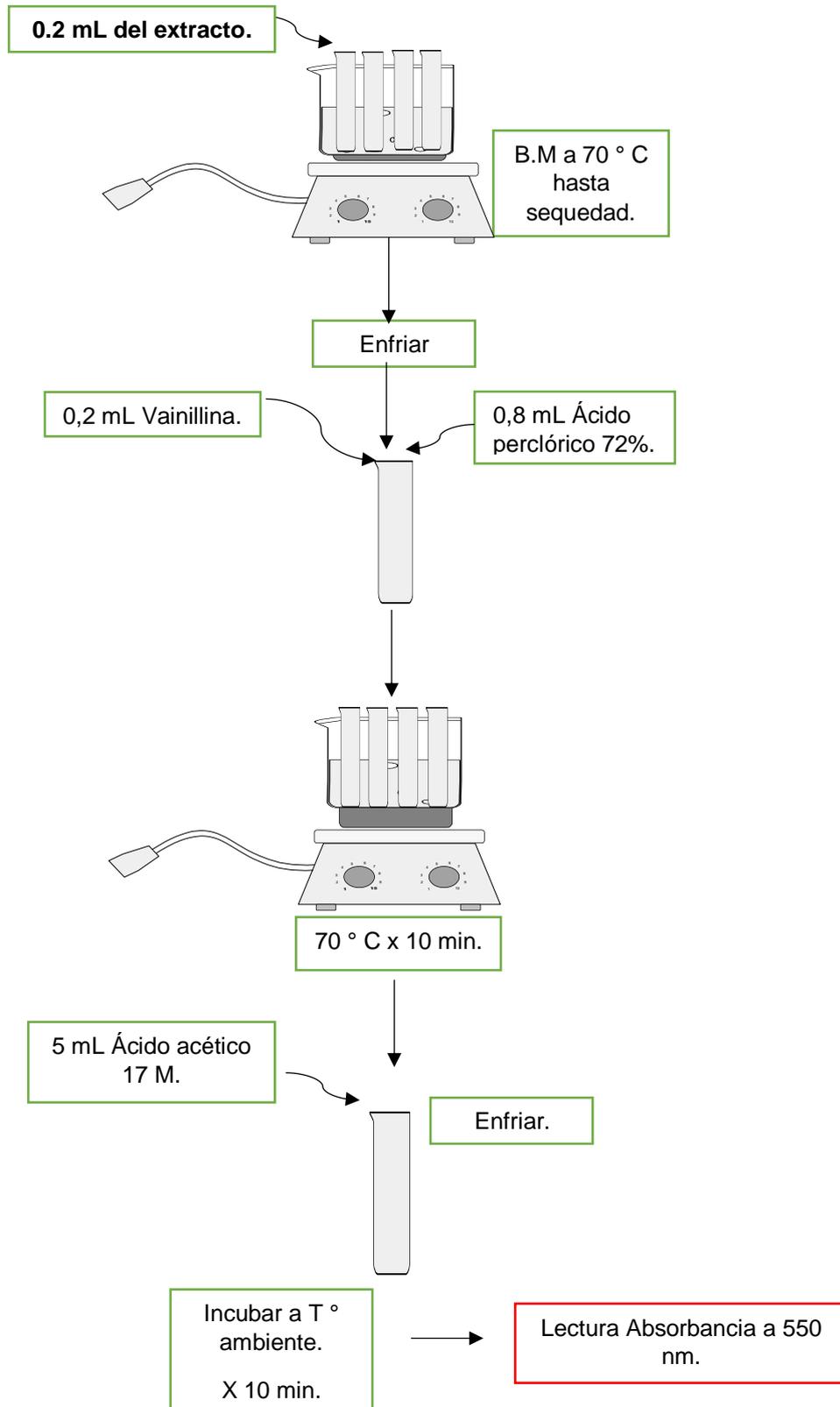
Anexo 7. Curva de calibración de ácido gálico para la determinación del contenido de fenoles totales.



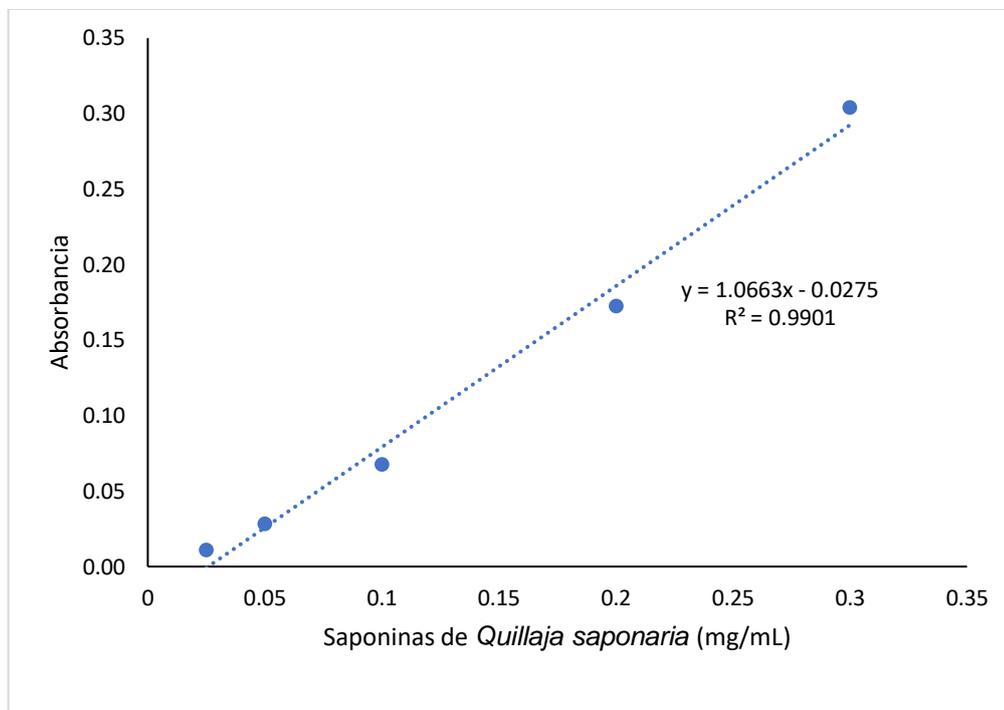
Anexo 8. Determinación del contenido de fenoles totales del extracto metanólico de los germinados.



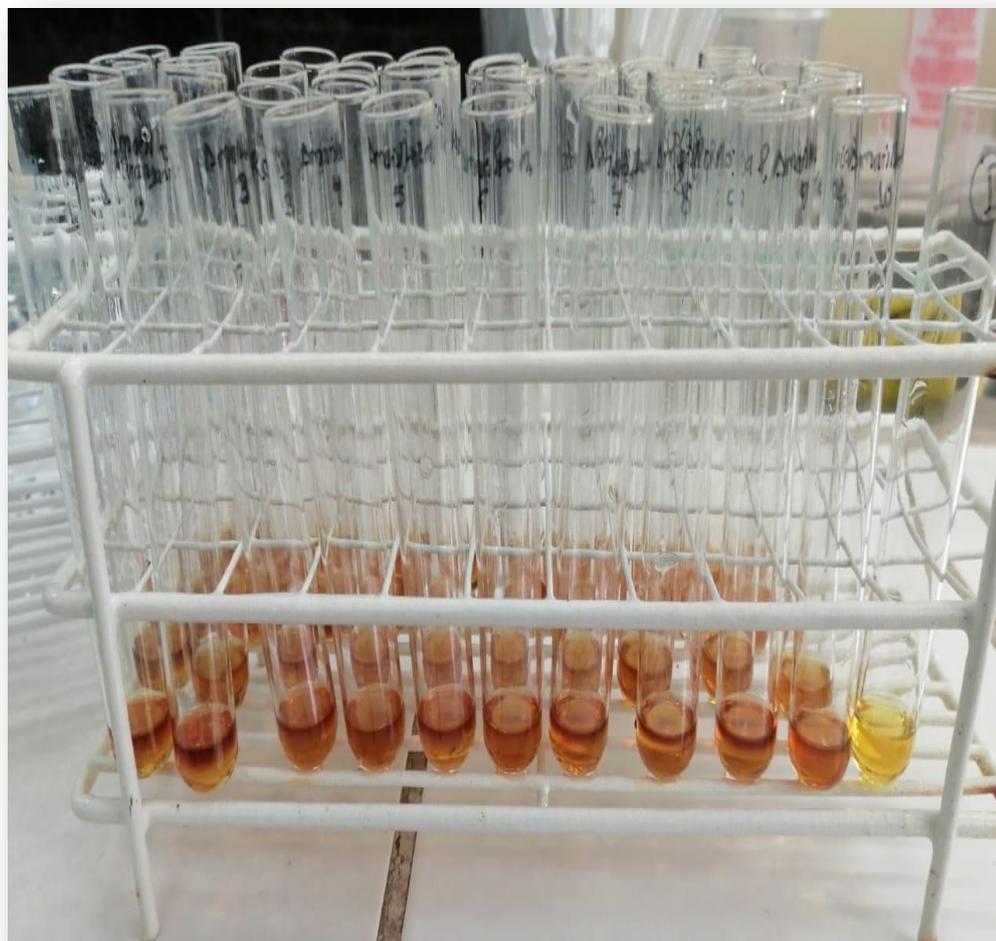
Anexo 9. Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.



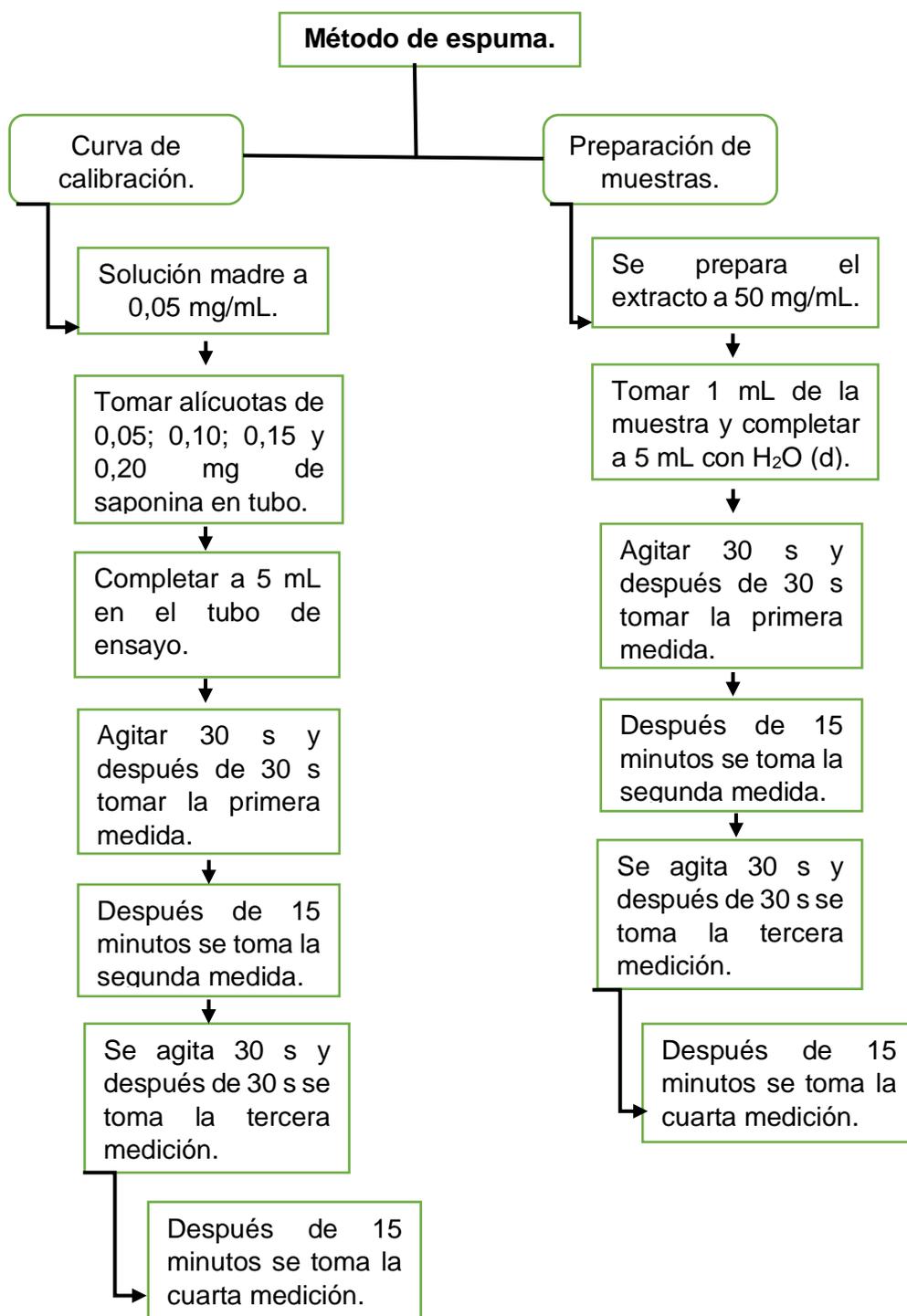
Anexo 10. Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por método colorimétrico.



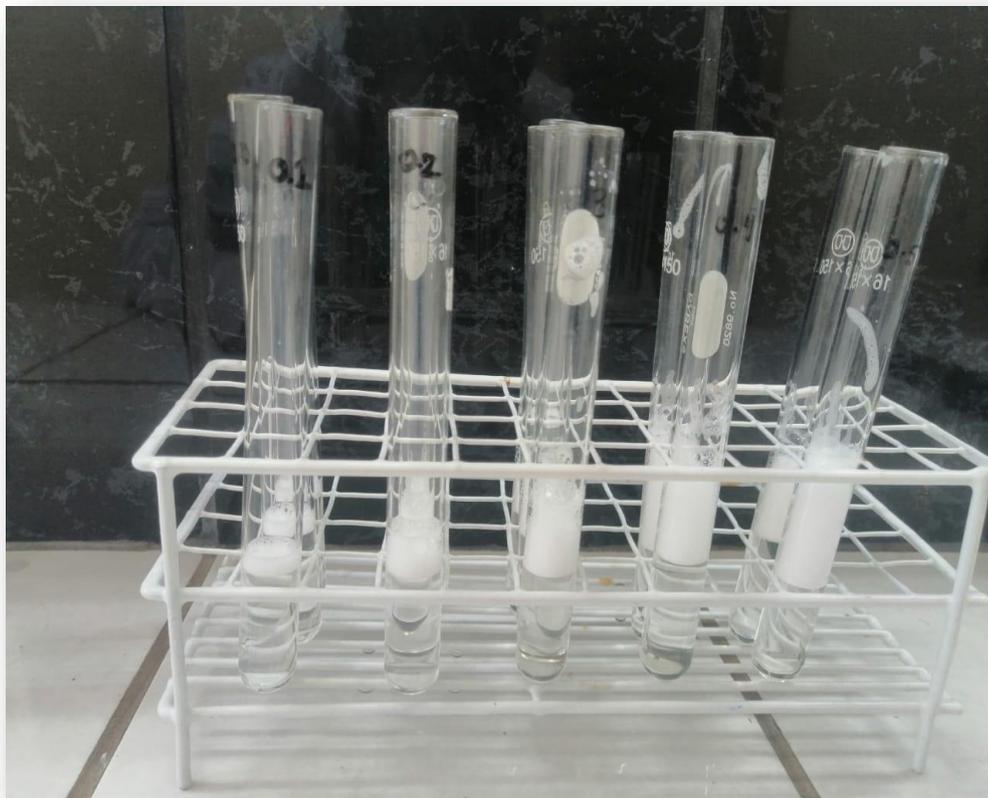
Anexo 11. Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.



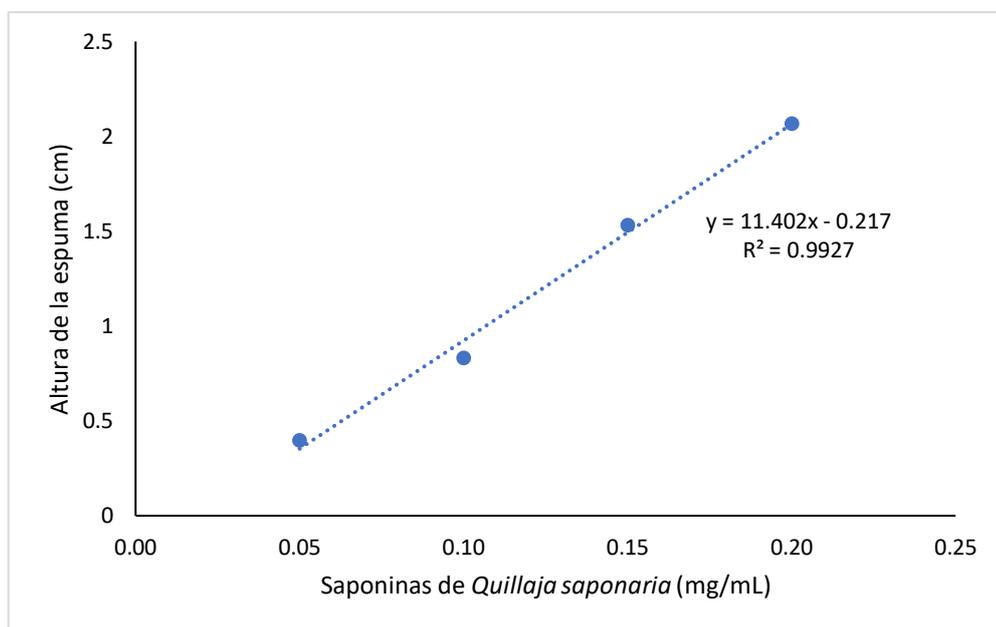
Anexo 12. Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.



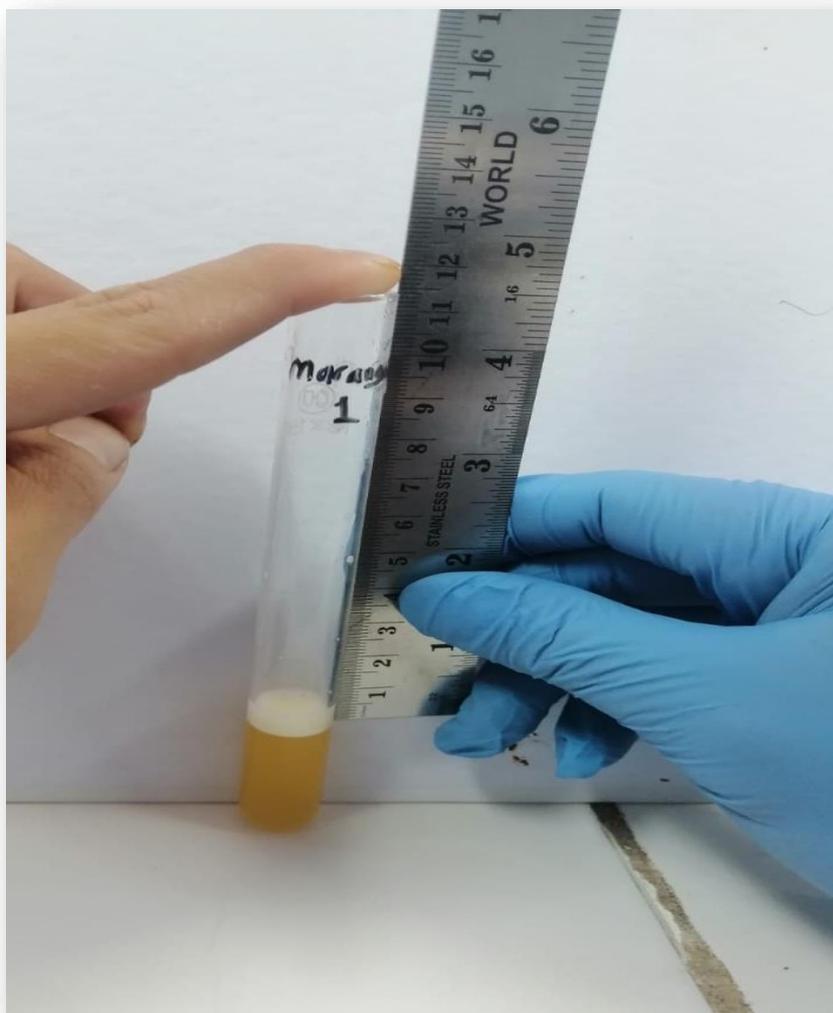
Anexo 13. Diluciones del estándar para determinar el contenido de saponinas según el método de espuma.



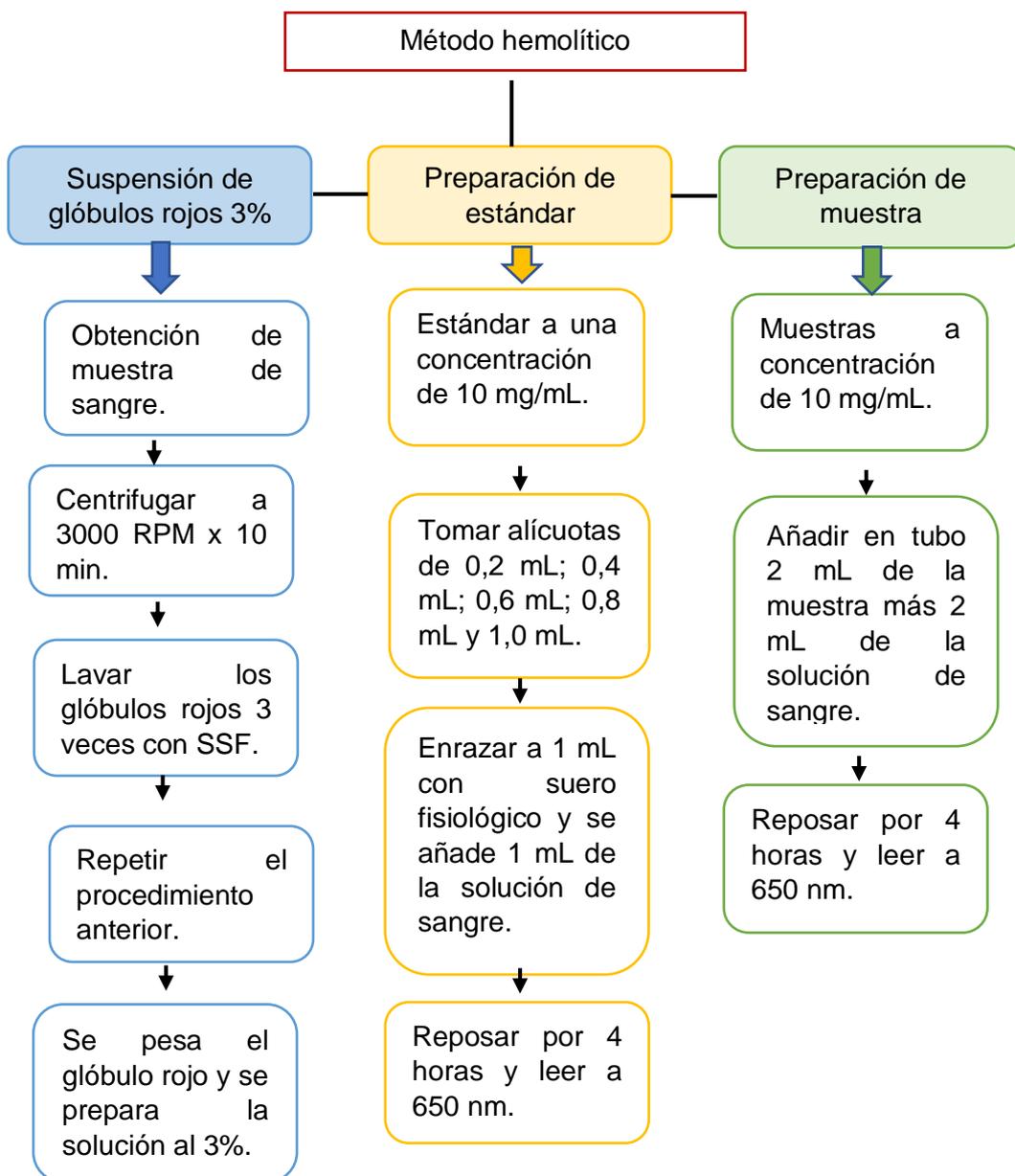
Anexo 14. Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma.



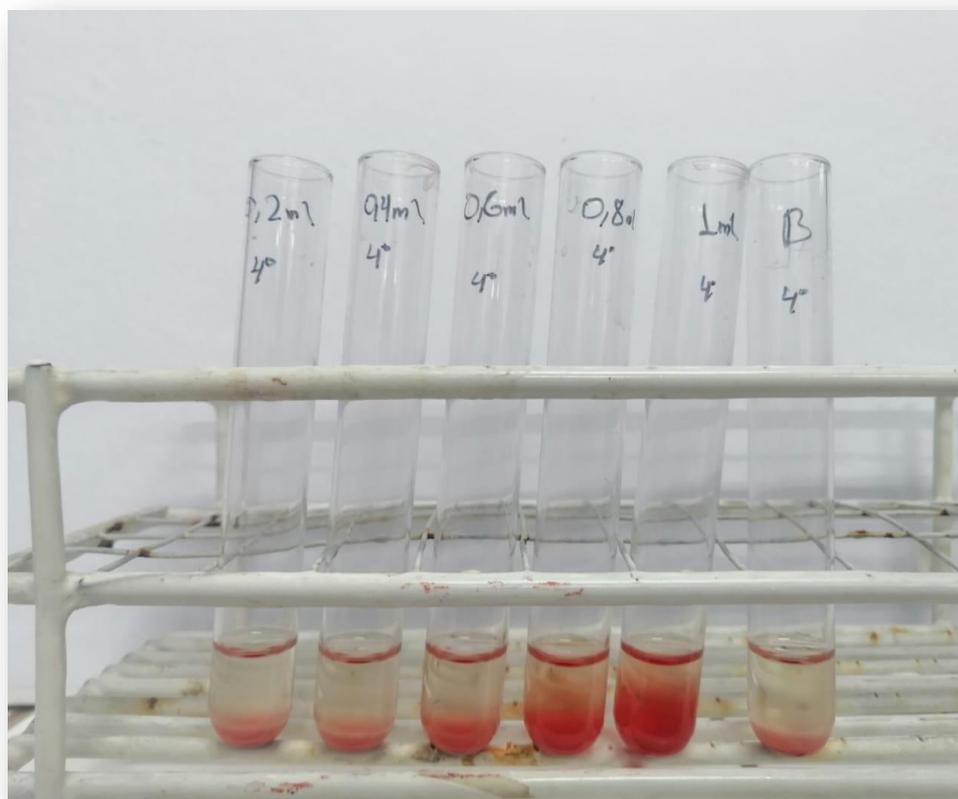
Anexo 15. Determinación del contenido de saponinas según método de espuma.



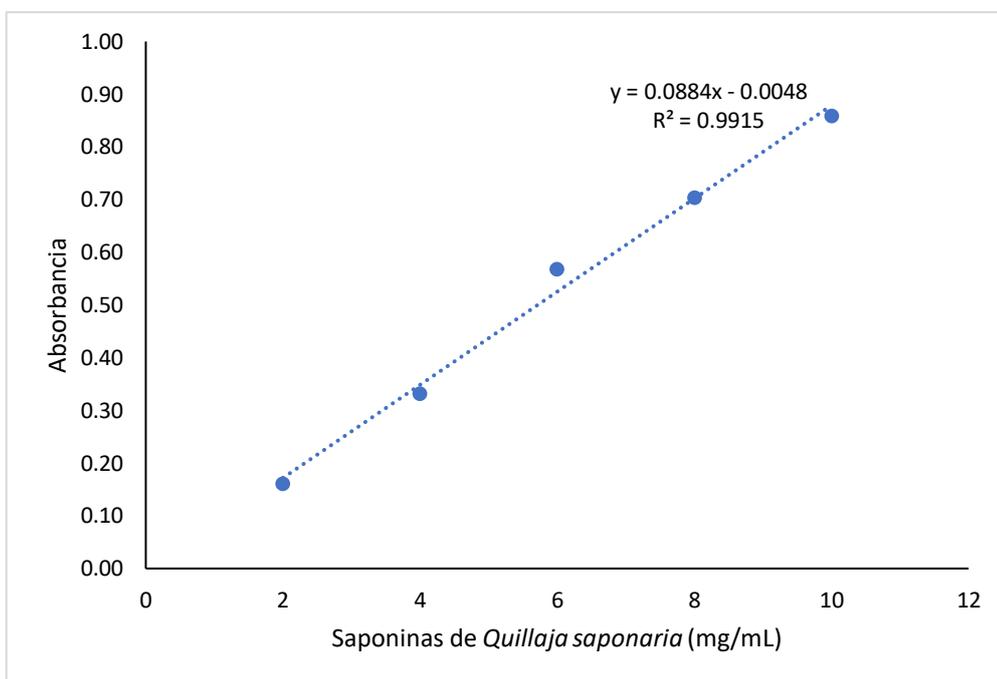
Anexo 16. Procedimiento para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.



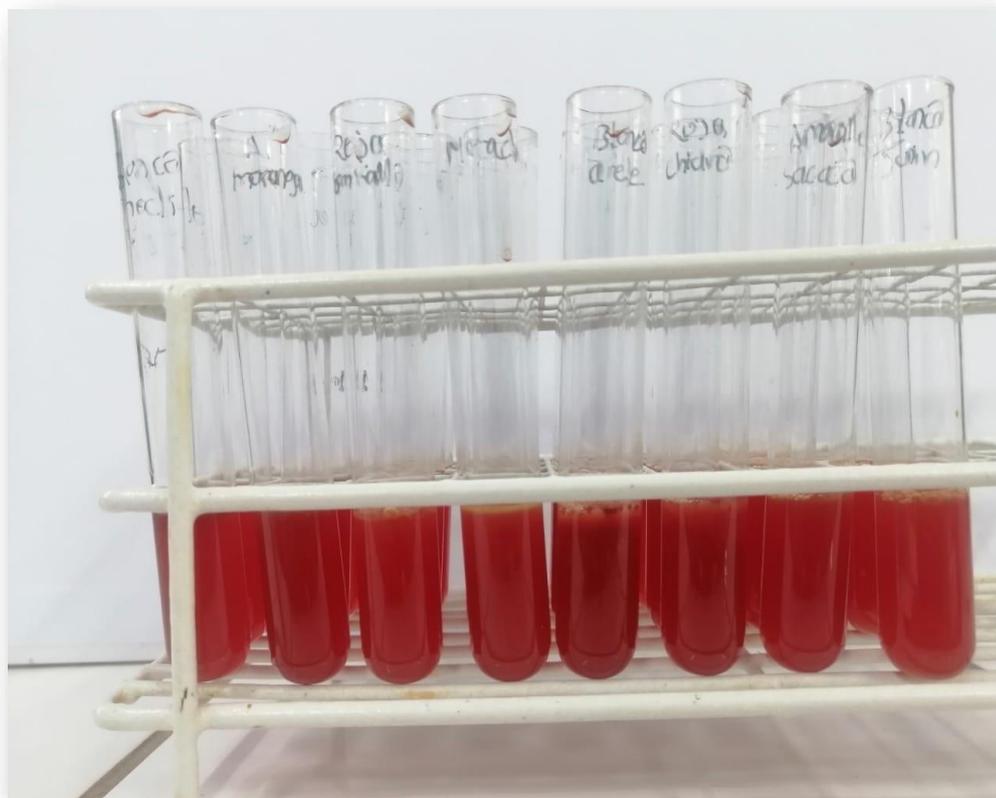
Anexo 17. Diluciones del estándar para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.



Anexo 18. Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.



Anexo 19. Determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.



Anexo 20. Análisis de la varianza de la determinación del contenido de fenoles totales.

ANOVA					
Fenoles totales (mg GAE/g de extracto)	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27976,63	9,00	3108,51	133,95	0,00
Dentro de grupos	696,22	30,00	23,21		
Total	28672,85	39,00			

Anexo 21. Prueba de Tukey de la determinación del contenido de fenoles totales.

Fenoles totales (mg GAE/g de extracto)						
HSD Tukey ^a						
Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		a	b	c	d	e
Roja salmantina	4	66,80				
Negra ccoito	4		97,41			
Blanca choclito	4		100,82			
Amarillo Maranganí	4		107,28	107,28		
Roja Chiara	4		107,28	107,28		
Amarillo Sacaca	4		107,96	107,96		
Blanca Junín	4			115,78	115,78	
Roja pasankalla	4			118,51	118,51	
Matachín	4				121,56	
Blanca arete	4					178,37
Sig.		1,000	0,100	0,065	0,789	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Anexo 22. Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas por método colorimétrico.

ANOVA					
Saponinas (mg ESQS/g de extracto)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	85293,50	9,00	9477,06	648,54	0,00
Dentro de grupos	438,39	30,00	14,61		
Total	85731,89	39,00			

Anexo 23. Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.

Saponinas (mg SEQS/g de extracto)									
HSD Tukey ^a									
Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		a	b	c	d	e	f	g	h
Amarillo Sacaca	4	82,06							
Blanca Junín	4		91,44						
Matachín	4		94,56						
Blanca choclito	4			108,08					
Roja Chiara	4				131,76				
Negra ccoito	4					161,78			
Amarillo Maranganí	4					165,29	165,29		
Roja pasankalla	4						174,20		
Roja salmantina	4							206,09	
Blanca arete	4								216,87
Sig.		1,000	0,974	1,000	1,000	0,946	0,065	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Anexo 24. Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma.

ANOVA					
Saponinas (mg SEQS/g de extracto)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	267,29	9,00	29,70	193,07	0,00
Dentro de grupos	3,08	20,00	0,15		
Total	270,36	29,00			

Anexo 25. Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas según el método de espuma.

Saponinas (mg SEQS/g de extracto)								
HSD Tukey ^a								
Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0,05						
		a	b	c	d	e	f	g
Roja pasankalla	3	1,90						
Roja Chiara	3	2,78	2,78					
Negra ccoito	3		3,66	3,66				
Blanca Junín	3			3,95				
Roja salmantina	3				5,12			
Amarillo Sacaca	3					6,29		
Amarillo Maranganí	3					6,58		
Blanca choclito	3					6,87		
Blanca arete	3						8,33	
Matachín	3							12,72
Sig.		0,223	0,223	0,994	1,000	0,713	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 26. Análisis de la varianza de la determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.

ANOVA					
Saponinas (mg SEQS/g de extracto)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	148308,40	9,00	16478,71	961,29	0,00
Dentro de grupos	342,85	20,00	17,14		
Total	148651,24	29,00			

Anexo 27. Prueba de Tukey de la determinación del contenido de saponinas según el método hemolítico.

Saponinas (mg SEQS/g de extracto)									
HSD Tukey ^a									
Variedades	N	Subconjunto para alfa = 0.05							
		a	b	c	d	e	f	g	h
Blanca arete	3	34,84							
Negra ccoito	3	37,01							
Roja Chiara	3		93,13						
Blanca Junín	3		93,14						
Blanca choclito	3			106,81					
Amarillo Maranganí	3				123,60				
Roja salmantina	3					181,70			
Matachín	3						206,79		
Amarillo Sacaca	3							218,87	
Roja pasankalla	3								239,99
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Anexo 28. Matriz de consistencia.

Título: Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”.
Ayacucho – 2023.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuál será la relación entre el contenido de fenoles totales y saponinas en los germinados obtenidos de la semilla de las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la relación entre el contenido de fenoles totales y saponinas en semillas germinadas de 10 variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Precisar el contenido de fenoles totales. Determinar el contenido de saponinas por el método colorimétrico. Establecer el contenido de saponinas según el método de espuma. Determinar el contenido de saponinas por el método hemolítico. 	<p>Hi: Las semillas germinadas de las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” presentan una relación inversa en su contenido de fenoles totales y saponinas.</p> <p>Ho: Las semillas germinadas de las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” no presentan ninguna relación en su contenido de fenoles totales y saponinas.</p>	<p>a. Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Germinado de las semillas de las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”. <p>Indicador: -</p> <ul style="list-style-type: none"> Rendimiento del germinado (%). <p>b. Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Contenido de fenoles totales y saponinas. <p>Indicador:</p> <ul style="list-style-type: none"> Contenido de fenoles totales (mg GAE/g de extracto). Saponinas totales por el método colorimétrico (mg SEQS/g de extracto). Contenido de saponinas por el método de espuma (mg SEQS/g de extracto). Contenido de saponinas por el método hemolítico (mg SEQS/g de extracto). 	<p>Tipo de investigación: Básico, Descriptivo, con enfoque cuantitativo.</p> <p>Muestra: 100 g de semilla de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua”.</p> <p>Procedimiento metodológico:</p> <ul style="list-style-type: none"> Recolección y selección de semillas. Obtención del Germinación. Obtención del extracto hidroalcohólico de la semilla germinada. Determinación del contenido de fenoles totales. Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico. Determinación del contenido de saponinas por el método de espuma. Determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico. <p>Análisis de datos. Los resultados se expresarán como la media ± desviación estándar del contenido de fenoles totales y saponinas. Las diferencias entre los contenidos de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. “quinua” serán evaluadas mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey, las diferencias serán significativas cuando $p < 0,05$. Asimismo, serán analizados gráficamente las diferencias.</p>

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N°313-2024-UNSCH-FCSA-D

BACHILLER: ROMER CHIMAICO QUISPE

En la ciudad de Ayacucho, siendo las once de la mañana del día quince del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el auditorium de la Facultad de Ciencias de la Salud los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: "Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopidium quinoa* Willd. "quinua" Ayacucho, 2023."; presentando por el bachiller ROMER CHIMAICO QUISPE para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. El jurado evaluador está conformado por:

Presidente : Prof. Maricela López Sierralta (Delegada por el Decano)

Miembros : Prof. Edwin Carlos Enciso Roca

Prof. Roxana León Aronés

Prof. Kirianova Godoy Bautista

Asesor : Prof. Enrique Javier Aguilar Felices

Secretario Docente (e): Prof. Mónica Gómez Quispe

Con el quorum de reglamento se dio inicio la sustentación de tesis, el presidente de la comisión pide al secretario docente dar lectura a los documentos presentados por el recurrente, resolución decanal y algunas indicaciones al sustentante.

Da inicio la exposición el Bachiller: ROMER CHIMAICO QUISPE, y una vez concluida, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

El presidente invita a la sustentante abandonar el auditorium para que pueda proceder con la calificación.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

Bachiller: ROMER CHIMAICO QUISPE

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P.FINAL
Prof. Edwin Carlos Enciso Roca	17	17	17	17
Prof. Roxana León Aronés	17	17	17	17
Prof. Kirianova Godoy Bautista	17	17	18	17
PROMEDIO FINAL				17

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al Bachiller ROMER CHIMAICO QUISPE; quien obtuvo la nota final de diecisiete (17) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 12:40 del mediodía, se da por concluido el presente acto académico.



Prof. Maricela López Sierralta
Presidente



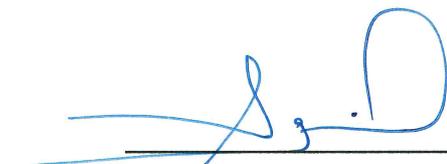
Prof. Edwin Carlos Enciso Roca
Miembro



Prof. Roxana León Aronés
Miembro



Prof. Kirianova Godoy Bautista
Miembro



Prof. Enrique Javier Aguilar Felices
Asesor



Prof. Mónica Gómez Quispe
Secretaria Docente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

El Instructor en Primera Instancia, designado con RD N° 453-2023-UNSCHFCSA/D, emite la presente

CONSTANCIA

DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A Romer Chimaico Quispe, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: "Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua". Ayacucho, 2023", ha alcanzado un índice de similitud de 26 % (veintiseis); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En ese sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 21 de febrero de 2024.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
E.P. FARMACIA Y BIOQUÍMICA
Dr. Marco R. Aronés Jara
DOCENTE

Prof. Marco R. Aronés Jara
Docente instructor - Primera instancia

Constancia N° 0004-2024



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(C°11-2024-EPFB-UNSCH)

La que suscribe, directora de escuela y docente instructor en segunda instancia de Tesis de Pregrado, luego de verificar la originalidad de la tesis de la Escuela profesional de Farmacia y bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en representación de la decana y delegada por Resolución Decanal N° 077-2021-UNSCH-FCSA/D, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua". Ayacucho, 2023

Presentado por: Bach. CHIMAICO QUISPE, Romer

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **26% de índice de similitud.**

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13° del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de pregrado de la UNSCH. Por tanto, **ES PROCEDENTE** conceder la Constancia de originalidad en segunda instancia.

Ayacucho, 22 de febrero del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Mg. Maricela López Sierralta
DIRECTORA
Docente. Instructor
Segunda instancia

cc.
Archivo.

Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua". Ayacucho, 2023

por Romer Chimaico Quispe

Fecha de entrega: 22-feb-2024 10:29p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2302143165

Nombre del archivo: TESIS_Romer_CHIMAICO_QUISPE.pdf (2.59M)

Total de palabras: 12346

Total de caracteres: 63676

Contenido de fenoles totales y saponinas en germinado de semillas de variedades de Chenopodium quinoa Willd. "quinua". Ayacucho, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	5%
3	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	revistas.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
7	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	1%
8	purl.org Fuente de Internet	1%

9	docobook.com Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad de Salamanca Trabajo del estudiante	1 %
12	revistas.sqperu.org.pe Fuente de Internet	<1 %
13	1library.co Fuente de Internet	<1 %
14	uaeh.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %
15	agritrop.cirad.fr Fuente de Internet	<1 %
16	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	<1 %
19	doczz.fr Fuente de Internet	<1 %
20	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo