

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



**Contenido de saponinas totales en diez variedades de
Chenopodium quinoa Willd "quinua". Ayacucho 2023**

Tesis para optar el título profesional de:
Químico Farmacéutico

Presentado por:
Bach. Monica Andrea Ccahuin Lope

Asesor:
Dr. Enrique Javier Aguilar Felices

Ayacucho - Perú

2024

A toda mi familia y amigos, especialmente a mis padres que ha sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos y oportunidad y recursos para lograrlo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma mater* por brindarme formación humanista y profesional.

A la Facultad de Ciencias de la Salud y la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, y al equipo de docentes por contribuir en mi desarrollo profesional.

Al Dr. Q. F. Enrique Javier, AGUILAR FELICES, por su asesoramiento, así como, por la oportunidad de colaborar con su extensa destreza en el campo de la investigación.

Al Mg. Q. F. Edgar, CARDENAS LANDEO, por sus apreciaciones y dedicación.

Al proyecto del FOCAM "Fortalecimiento de capacidades para realizar investigaciones genómicas, fitoquímicas, farmacológicas y toxicológicas de las semillas del germoplasma de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua" de la región de Ayacucho con fines de utilización como alimento funcional".

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ABREVIATURAS EMPLEADAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. <i>Chenopodium quinoa</i>	6
2.2.1. Clasificación taxonómica	6
2.2.2. Nombres comunes	6
2.2.3. Sinonimia	6
2.2.4. Descripción botánica	7
2.2.5. Composición química	7
2.2.6. Estudios farmacológicos	9
2.2.7. Propiedades y uso medicinal	9
2.3. Saponinas	9
2.3.1. Química de las saponinas	9
2.3.2. Biosíntesis	10
2.3.3. Clasificación	10
2.3.4. Actividad biológica	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Lugar de ejecución	15
3.2. Definición de población y muestra	15
3.3. Procedimiento de recolección de datos	15
3.4. Análisis de datos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	37
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	51

ABREVIATURAS EMPLEADAS

UV-VIS	Ultravioleta visible
°C	Grados Celsius
H	Horas
Min	Minutos
L	Litro
mL	Mililitro
g	Gramo
mg	Miligramo
PM	Peso molecular
R	Coefficiente de correlación
QA	Quinoa amarilla
AM	Amarilla Marangani
Ma	Matachín
BA	Blanca arete
BJ	Blanca Junín
BCh	Blanca choclito
RCc	Roja ccollana
RP	Roja pasankalla
NCc	Negra ccollana
NCo	Negra ccoito
ESQS	Equivalentes a saponinas de <i>Quillaja saponaria</i>

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Porcentaje de rendimiento de los extractos metanólicos.	21
Tabla 2 Metabolitos secundarios presentes en los extractos metanólicos.	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Saponina triterpenoide.	10
Figura 2 Saponina monodesmósida (monoglicosilada).	10
Figura 3 Saponina bisdesmosídica (diglicosilada).	11
Figura 4 Saponina tridesmosídica (triglicosilada).	11
Figura 5 Categorías de las saponinas.	11
Figura 6 Contenido de saponinas totales por el método colorimétrico en el extracto metanólico de semillas de diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. "quinua".	23
Figura 7 Contenido de saponinas según el método hemolítico en el extracto metanólico de semillas de diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. "quinua".	24
Figura 8 Contenido de saponinas de según el método de espuma, en los extractos metanólico de semillas de diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. "quinua".	25

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Certificado de identificación botánica.	53
Anexo 2 Estructuras moleculares de las sapogeninas presentes en <i>C. quinua</i> Willd "quinua".	54-55
Anexo 3 Clasificación agroecológica del contenido de saponinas según la altitud de variedades de <i>C. quinoa</i> "quinua".	56
Anexo 4 Biosíntesis de saponinas.	57
Anexo 5 Mecanismo molecular de la actividad hemolítica de las saponinas sobre la membrana celular.	58
Anexo 6 Ubicación y actividad biológica de las sapogeninas ácido oleanólico, ácido hederagenina, ácido serjánico y ácido fitolacagénico.	59
Anexo 7 Variedades de semillas.	60
Anexo 8 Flujograma de obtención del extracto metanólico.	61
Anexo 9 Extractos metanólicos obtenidos de las semillas.	62
Anexo 10 Ensayos del tamizaje fitoquímico según Miranda y Cuellar.	63
Anexo 11 Flujograma para la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	64
Anexo 12 Curva de calibración en la cuantificación del contenido de saponinas de acuerdo a la técnica colorimétrica.	65
Anexo 13 Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método de colorimétrico.	65
Anexo 14 Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico en las muestras.	66
Anexo 15 Protocolo para determinar el contenido de saponinas por el método hemolítico.	67
Anexo 16 Curva de calibración para determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.	68
Anexo 17 Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método hemolítico.	68
Anexo 18 Determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico en las muestras de semillas.	69

Anexo 19	Protocolo para determinar el contenido de saponinas por el método espuma.	70
Anexo 20	Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por el método espuma.	71
Anexo 21	Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método de espuma.	71
Anexo 22	Determinación del contenido de saponinas por el método de la espuma en las muestras de semillas.	72
Anexo 23	Identificación de fenoles, flavonoides y taninos.	73
Anexo 24	Identificación de alcaloides, azúcares reductores y quinonas.	74
Anexo 25	Contenido de saponinas por los métodos colorimétrico, hemolítico y de espuma de las diez variedades de “quinua”	75
Anexo 26	Análisis de varianza (ANOVA), del contenido de saponinas por el método colorimétrico.	76
Anexo 27	Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé del contenido saponinas por el método colorimétrico.	76
Anexo 28	Análisis de varianza (ANOVA) de la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.	77
Anexo 29	Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé de la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.	77
Anexo 30	Análisis de varianza (ANOVA) de la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.	78
Anexo 31	Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé de la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.	78
Anexo 32	Matriz de consistencia.	79

RESUMEN

Las semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua" son reconocidas por su valor nutricional utilizadas desde tiempos inmemoriales, y que biosintetizan saponinas como un mecanismo de defensa. Por tanto, la presente investigación se desarrolló con la finalidad de determinar el contenido de saponinas totales en diez variedades de *C. quinoa* Willd. "quinua". Las saponinas fueron extraídas con metanol y el contenido fue determinado utilizando el método colorimétrico, hemolítico y de espuma, respectivamente; y se utilizó las saponinas de *Quillaja saponaria* como estándar de referencia. Las variedades Blanca choclito, Amarilla Marangani y Matachín mostraron mayor contenido de saponinas por el método colorimétrico (0,77; 0,74 y 0,72 mg ESQS/g de extracto, respectivamente) ($p < 0,05$), por el método hemolítico la variedad Negra ccollana (23,38 mg ESQS/g de extracto) ($p < 0,05$); y por el método de la espuma la variedad Amarilla Marangani (1,52 mg ESQS/g de extracto) ($p < 0,05$), respectivamente. Se concluyó que, la variedad Amarilla Marangani mostro mayor contenido de saponinas por los métodos colorimétrico y de espuma, mientras que, la variedad Negra ccollana por el método hemolítico.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd, semilla, saponinas.

I. INTRODUCCIÓN

Chenopodium quinoa Willd., especie herbácea anual de la familia *Chenopodiaceae* oriunda de la región andina que incluyen a los países de Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, Chile y Bolivia¹, su interés por la producción creció durante la última década, debido no sólo por las bondades nutricionales y funcionales que presentan, sino también, por la capacidad de ser cultivada en condiciones climáticas adversas, porque muestra tolerancia al estrés abiótico como las heladas, la sequía y la salinidad, también cuenta con la capacidad de crecer en suelos marginales.^{2,3} En cuanto a su valor nutricional, sirvieron y sirven como alimento de primera línea para las poblaciones indígenas que viven en las regiones altoandinas, este pseudocereal ganó un interés creciente durante las últimas décadas debido a sus compuestos nutritivos como proteínas, ácidos grasos y fibra dietética¹, sin embargo, entre los componentes fitoquímicos no nutricionales se encuentran las saponinas contenidas en la capa externa de la semilla, a quienes se les atribuye el sabor amargo, sin embargo, estos compuestos podrían presentar actividades farmacológicas relevantes. Las saponinas de la quinua pertenecen al núcleo triterpenoide, conocidos como ácido fitolacagénico, ácido oleanólico, ácido serjánico y la hederagenina. Entre sus principales actividades farmacológicas destacan: como fungicidas, antivirales, antimicrobianas, cardioprotectores, anticancerígenos, antiinflamatorios, antioxidantes e inmunomoduladores⁴, por lo que, se les atribuye a estos componentes una importancia biológica de gran relevancia. El contenido de saponinas varía entre cada genotipo, el cual se debe, a las características agroclimáticas, estrés hídrico, temperatura ambiental y salinidad; que son los factores determinantes en cantidad y variedad de saponinas presentes, mientras que, algunas variedades tienen cantidades elevadas de saponinas y a pesar de sus bondades farmacológicas, las saponinas podrían presentar un margen de toxicidad, por lo que, su eliminación para uso alimenticio debería ser controlado.

No existen evidencias del contenido de saponinas en variedades de quinua que crecen en la región de Ayacucho, utilizando metodologías validadas para su determinación. Esto me ha motivado a realizar el presente estudio para contribuir con el conocimiento acerca del contenido de saponinas de diez variedades de las semillas de “quinua” (*Chenopodium quinoa* Willd) y de esta manera generar información suficiente, para establecer las bases de estudios posteriores para su caracterización estructural en variedades de quinua, con alto contenido de saponinas, por otro lado, a su vez en el contexto nutricional brindar información para su eliminación adecuada, en semillas de quinua que se utilicen con fines alimenticios. Por lo que, se realizaron ensayos con el fin de determinar el contenido de saponinas mediante los métodos colorimétrico, hemolítico y de espuma, en diez variedades de *C. quinoa* Will., que son ampliamente utilizadas y comercializadas en la región Ayacucho.

Objetivo General

Determinar el contenido de saponinas totales en semillas de diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”.

Objetivos Específicos

- Realizar el tamizaje fitoquímico de los extractos metanólicos.
- Precisar el contenido de saponinas, por el método colorimétrico.
- Determinar el contenido de saponinas. por el método hemolítico.
- Determinar el contenido de saponinas, por el método de espuma.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En estudios realizados en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), lograron precisar la existencia de 3000 variedades de quinua en el Perú, y que, por otro lado, este número de variedades estaría aumentado debido a proyectos con el objetivo de promover nuevas modificaciones genéticas a las semillas realizadas en dicha institución.⁵

2.1.1. Internacional

Se cuantificó las saponinas en de *C. quinoa* Willd “quinua”, para el cual, se utilizaron semillas de las variedades Blanca Jericó (BJ), Tunkahuan (TK), Negra de colorada (NC), Amarilla Marangani (AM) y Quinua dorada (QD), todas procedentes del departamento de Boyacá (Colombia). Se realizó por el método afrosimétrico o espuma, el cual, se basa en la capacidad de producir espuma de acuerdo a la concentración de saponinas presentes. Se concluyó que en las quinuas dulces como BJ y TK presentaron menor contenido de saponinas (inferior a 0,05 %), mientras que, en variedades amargas como NC, AM y QD presentaron mayor contenido de saponinas (superiores al 0,11 %).⁶

En otro estudio, se determinó el contenido de saponinas, compuestos fenólicos y la actividad antioxidante e inhibición de la enzima α – glucosidasa en siete variedades de quinua: blanca, roja y negra, obtenidas de Huaqing Quinoa Co. Ltd. (Shaxi, China); y las variedades: blanca, roja y negra, obtenidas del mercado local de Perú, respectivamente. Para la extracción de saponinas se utilizó metanol en reflujo a 80°C durante una hora y para la cuantificación de saponinas se utilizó un método espectrofotométrico a una longitud de onda de 550 nm y como estándar el ácido oleanólico; los resultados fueron reportados como equivalentes de ácido oleanólico (OAE), en donde la variedad blanca (Q-b1) mostró mayor contenido de saponinas, seguido de la variedad roja (Q-r1), con resultados superiores a 9 mg OAE/g de muestra seca.⁷ Se observa que, las variedades roja y negra procedentes

de China, tuvieron mayor contenido que las variedad blanca y las procedentes del Perú.

Como también, se ha determinado el contenido de saponinas totales en residuos escarificados de la semilla de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, variedad real. El método utilizado fue la reacción de Lieberman – Burchard (LB), el cual forma un producto coloreado al reaccionar con las saponinas, el mismo que, puede ser cuantificado a 528 nm y se utilizó como estándar saponinas purificadas al 80 % obtenidas de la variedad Real procedente de Chile. Se obtuvo como resultado, una variación entre 17,3 % hasta 22,1 % del contenido de saponinas, respectivamente.⁸

También se ha realizado un estudio para cuantificar el contenido de saponinas en la semilla de 15 variedades de *Chenopodium pallidicaule* Aellen “cañihua” y en una variedad de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, utilizando el método espectrofotométrico con el reactivo color de Lieberman – Burchard a 528 nm y el método de espuma. La extracción fue con agua destilada y se utilizó como estándar, saponina al 80 % obtenida de la semilla de quinua variedad Real procedente de Chile. La semilla de quinua evidenció contener 36,1 mg/g de muestra por el método espectrofotométrico y por el método de espuma 23,8 mg de saponina/g de muestra, respectivamente.⁹ Sin embargo, no precisaron la variedad de quinua utilizada en dicho estudio.

Finalmente, utilizando una variedad de semilla de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” suministrada por Hongcheon River Farming Union (Hongcheon, Corea), se analizó la composición de saponinas y comparación de la actividad antioxidante. Se obtuvo un extracto de las semillas con etanol al 80 % en baño maría y se cuantificó las saponinas por espectrofotometría a 527 nm., utilizando como mezcla reactiva el ácido acético glacial/ácido sulfúrico (1:1 v/v) y como patrón el ácido oleanólico. El contenido de saponinas en las semillas fue de $1,26 \pm 0,03$ mg equivalentes de ácido oleanólico /g de muestra.¹⁰

2.1.2.Nacional

Como parte de la evaluación de la actividad insecticida de semillas de dos variedades de *Chenopodium quinoa* Wild “quinua”; la variedad “blanca de hualhuas” proveniente del Programa de Cereales de la UNALM y la variedad “Recuay”, proveniente de Ancash, se realizó la extracción de saponinas con agua destilada mediante el proceso de lavado de semillas, para luego filtrarlas y concentrarlas hasta 250 mL por evaporación, por último, se utilizó *n* – hexano para

eliminar los compuestos orgánicos y finalmente obtener saponinas al añadirle metanol. El contenido de saponinas fue determinado por el método de la espuma basado en la variación de la tensión superficial del agua. Los resultados mostraron que la variedad Recuay mostró una mayor longitud de la altura de la espuma (8,8 cm), y por cromatografía en capa fina (CCF) utilizando como patrón una saponina pura (Merck), se determinó que la variedad Recuay presentó un 0.28 % del contenido de saponinas.¹¹

En otro hallazgo bibliográfico, se reporta un estudio, el cual, tenía como objetivo la determinación del contenido de saponinas en relación a la respuesta de tres parámetros (riego en crecimiento, rendimiento y calidad de grano) de cuatro variedades de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”: La Molina 89, Salcedo INIA, pasankalla y Negra ccollana. El contenido de saponinas, se determinó previa extracción con agua y su determinación fue mediante el método de la espuma mecánica utilizando una maquina llamada “Sap – on”, cuyo resultado se basa en la altura alcanzada por la espuma. Las variedades La Molina 89 y Salcedo INIA mostraron 1,45 % y 0,02 % de saponinas, respectivamente.¹²

En otro reporte, se hace referencia al estudio de una muestra de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” procedente del caserío de Rayambara (Santiago de Chuco – La Libertad), a quien se sometió a un lavado con agua destilada y el agua de lavado fue reunida y concentrada; y para la extracción de saponinas, se utilizó una extracción líquido-líquido en un embudo de separación con solventes de polaridad creciente (cloroformo, acetato de etilo, *n* – butanol). La cuantificación de saponinas se realizó por espectrofotometría UV/VIS a 412 nm, para lo cual utilizaron una saponina patrón y se desarrolló una reacción de color con una mezcla de Ac₂O (anhídrido acético) y H₂SO₄ (ácido sulfúrico) (1:5 v/v); obteniéndose como resultado 19,76 % ± 0,57 de contenido de saponinas expresada como porcentaje. En dicha publicación no se hace referencia a la variedad utilizada.¹³

2.1.3.Local

Utilizando una variedad de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” (Ascensión amarilla), procedente de Chiara, se determinó la actividad antimicótica de las saponinas extraídas frente a *Candida albicans* ATCC 90028. Se obtuvo las saponinas de las semillas, a partir de dos extracciones sucesivas con una solución de etanol y agua, luego desengrasado con éter de petróleo y al final concentrado con *n* – butanol. La determinación de la presencia de saponinas se realizó de

manera cualitativa con la prueba de Lieberman – Burchard, prueba de Salkowski y α – naftol; y la parte cuantitativa por el método colorimétrico a 432 nm, para el cual, se utilizó la reacción de Liebermann – Burchard y como patrón las saponinas totales de *Quillaja saponaria* (Sigma – Aldrich®), el resultado del contenido de saponinas fue de 6,08 mg/mL.¹⁴

De la revisión de la literatura respecto a la cuantificación de saponinas, se observa que, en algunos casos, no se mencionan la variedad utilizada en los ensayos, en algunos casos se ha utilizado el ensayo de Lieberman – Burchard para generar una reacción de color para su posterior cuantificación espectrofotométrica, asimismo, también se reporta el uso del método de la espuma. No hay reportes sobre cuantificación de saponinas utilizando el método de hemólisis, asimismo, no hay reportes en el cual se han utilizado conjuntamente el método espectrofotométrico, de espuma y de hemólisis en variedades caracterizadas de la semilla de quinua y la relación que existe entre estas tres determinaciones, el cual, podrían tener relación con la naturaleza química de las saponinas presentes.

2.2. *Chenopodium quinoa*

2.2.1. Clasificación taxonómica según el sistema de Cronquist A. 1998

REINO	:	PLANTAE
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYA
CLASE	:	MAGNOLIPSIDA
SUB CLASE	:	CARYOPHYLLIDAE
ORDEN	:	CARYOPHYLLALES
FAMILIA	:	CHENOPODIACEAE
GÉNERO	:	<i>Chenopodium</i>
ESPECIE	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd
NOMBRE VULGAR	:	quinua

Fuente: Certificado emitido por la bióloga Laura Aucasime Medina de la Facultad de Ciencias Biológicas, UNSCH 2021 (Anexo 1)

2.2.2. Nombres comunes

Es conocida como “quiuna”, “jiura”, “quinua”, en Perú, mientras que, en otros países como “juba”, “jupha”, “dahue”, “ubaque”, “quingua”.

2.2.3. Sinonimia¹⁵

- *Chenopodium canihuacocinar*
- *Chenopodium hircinum* subsp. *milleantum* Aellen

2.2.4.Descripción botánica

Especie herbácea dicotiledónea de 0,6 a 3,00 m de altura, con variedad de acuerdo al tipo, genotipos, condiciones ambientales, fertilidad de suelo. Raíz vigorosa, pivotante, fibrosa, profunda y ramificado. Tallo cilíndrico, con presencia o ausencia de ramificaciones. Hojas de disposición alternas, presentan peciolos y láminas. Flores incompletas, bisexuales, pequeñas, sin pétalos, se pueden auto fertilizar. Fruto aquenio, semillas circulares y pequeñas, de 2 mm de diámetro, cubiertas de un perigonio, dispuestas del mismo color que la especie vegetal: marrón, amarillo, gris blanco, claro, negro, rosa.¹⁶

2.2.5.Composición química

La quinua como fuente de alimento milenario, considerado como uno de los alimentos más completos del reino plantae, con la presencia balanceada de aminoácidos, vitaminas, etc., contiene la siguiente composición química detallada a continuación:

- **Proteínas y/o aminoácidos**

Las proteínas están constituidas por dos fracciones principales: globulinas quenopodina 11S (37 %) y albúminas 2S (35 %)¹⁴. Otros detallan que el peso de la semilla de quinua está constituido en un 16 % al 20 % a base de aminoácidos esenciales¹⁵, otra literatura informa el contenido de proteínas del 12 – 23 % donde los principales aminoácidos en mayor cantidad por encima del 50mg/g de proteína son: arginina, ácido aspártico y el ácido glutámico.¹⁷

- **Lípidos**

Los principales son ácido linoleico (omega 6), ácido oleico (omega 9), ácido linolénico y ácido palmítico. Además de ácido esteárico y ácido eicosapentaenoico. La semilla contiene 7 % de lípidos (base seca).¹⁷

- **Carbohidratos**

Corresponde aproximadamente el 60 % al 70 % de la materia seca, siendo su principal constituyente el almidón, contenido en un 58,1% a 64,2 %; se presenta en forma de gránulos¹⁵, que se relacionan entre sí, formando una mezcla específica de dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina¹⁴, ambos reportan un contenido de almidón de 52,2 – 69,2 % en base seca.¹⁷

- **Saponinas**

Son glicósidos triterpénicos, conformado por una parte hidrofílica que es un oligosacárido unido en C – 3 y C – 28 del aglicón hidrofóbico. Los oligosacáridos más comunes son la glucosa, galactosa, arabinosa, ácido glucorónico y xilosa. El

aglicón es derivado del ácido oleanólico, hederagenina, fitolacagénico, ácido serjánico, ácido espergulagénico, gipsogenina, ácido 3β – hidroxí – 27 – oxo – olean – 12 – en – 28 – oico y ácido 3β, 23α, 30β – trihidroxí – olean – 12 – en – 28 – oico (Anexo 2), se han logrado identificar alrededor de 40 estructuras de saponinas, siendo las entidades moleculares como: éster 28-O-β-D-glucopiranosilo del ácido 3-O-β -D-glucuronopiranosil oleanólico, éster de 3-O-α-L-arabinopiranosil hederagenina 28-o-b-D-glucopiranosilo, éster de 3-O-β-D-glucuronopiranosil-(1→3)-a-L-arabinopiranosil hederagenina 28-O-β-D-glucopiranosilo, éster 28-O-β-D-glucopiranosilo del ácido 3-O-α-L-arabinopiranosil fitolacagénico, éster 28-O-β-D-glucopiranosil del ácido 3-O-β-D-glucopiranosil-(1→3)-a-L-arabinopiranosil fitolacagénico, ácido fitolacagénico 3-O-b-D-glucopiranosil-(1→3)-a-L-arabinopiranosil.^{18,19} Las variedades de quinua que contienen saponinas, suelen clasificarse como amargas, según la apreciación organoléptica de la población y tienen relación de la altura en las cuales son cultivadas (Anexo 3). Las más abundantes son derivadas del ácido fitolacagénico, seguido de la hederagenina, ácido oleanólico y el ácido serjánico, respectivamente.²⁰

- **Compuestos fenólicos**²¹

Clases	Compuestos químicos
Derivados del ácido benzoico	Ácido gálico, ácido protocatequico, ácido siríngico, ácido vanílico y sus análogos
Derivados del ácido cinámico	Ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido clorogénico, ácido <i>p</i> – cumárico, ácido isoferúlico, ácido rosmarínico, ácido sináptico y sus análogos
Flavonoides	Flavonas, flavonoles, flavanonas e isoflavonas

- **Terpenos:** monoterpenoides, sesquiterpenoides y triterpenoides derivados del ácido oleanólico, hederagenina, espergulagénico, serjánico, fitolacagénico, gipsogenina y otros.²¹
- **Vitaminas:** Se evidencia la presencia de vitamina A y E o tocoferol.¹⁵ La vitamina E se presenta en cuatro isoformas: α-tocoferol, β-tocoferol, γ-tocoferol y δ-tocoferol.²¹
- **Esteroides:** colesterol, campesterol, C₂₇- esteroides, C₂₈-esteroides, C₂₉-esteroides.²¹

- **Compuestos nitrogenados:** amarantina, Betania, isobetanina, betaina, dopaxantina, indicaxantina, miraxantina y trigonelina.²¹

2.2.6. Estudios farmacológicos

Existen diversos estudios que determinaron actividad terapéutica del *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, como: antioxidante²², antimicrobiana o antibacteriana²³, antimicótica¹¹, insecticida⁸⁷, anticancerígeno²⁴, inmunoadyuvante.²⁵

2.2.7. Propiedades y uso medicinal

Tradicionalmente, se emplean los tallos, hojas y granos; para el tratamiento de hemorragias, abscesos y luxaciones, el cocimiento de los frutos se utiliza como cataplasma en heridas y golpes, también el agua del grano se utiliza para abscesos del hígado y supuraciones internas, afecciones catarrales, laxante suave, contra el insomnio, contra la caspa, tónico para el cabello según los curanderos Kallawayas. La decocción de semillas, edulcorada con miel, se utiliza para tratar dolencias bronquiales, resfriados, tos e inflamación de las amígdalas.²⁶

2.3. Saponinas

Son metabolitos secundarios abundantes en diversas familias vegetales, las plantas dicotiledóneas son las principales fuentes de saponinas triterpenoides (familias como fabaceae, araliaceae y caryophyllaceae), mientras que, las monocotiledóneas (familias como Liliaceae, Dioscoreaceae y Agavaceae)²⁷ son fuentes principales de saponinas esteroidales. En la familia *Chenopodiaceae*, son considerados como anti – nutrientes, se presentan en forma de aglicona o sapogeninas o formando asociaciones con azúcares, obteniéndose glicósidos esteroidales, glicósidos esteroalcaloides o glicósidos tritérpenicos, esta adición del grupo hidrofílico (azúcar) a un aglicón hidrofóbico, proporcionan propiedades surfactantes o detergentes similares a las que presenta el jabón, asimismo, las saponinas son los responsables del sabor amargo característico de los granos de quinua.²⁸ Las características más importante de las saponinas, es su capacidad de producir hemólisis de los glóbulos rojos²⁹, asimismo, de generar espuma en medio acuoso, por disminución de la tensión superficial del agua Böttger y col.³⁰

2.3.1. Química de las saponinas

Químicamente denominados glicósidos con una aglicona (porción libre de glicósido) policíclica que puede estar presente en la forma de un esteroide o triterpenoide unido a través del carbono C₃ mediante un enlace etéreo a una cadena lateral de azúcares.³¹ (Figura 1).

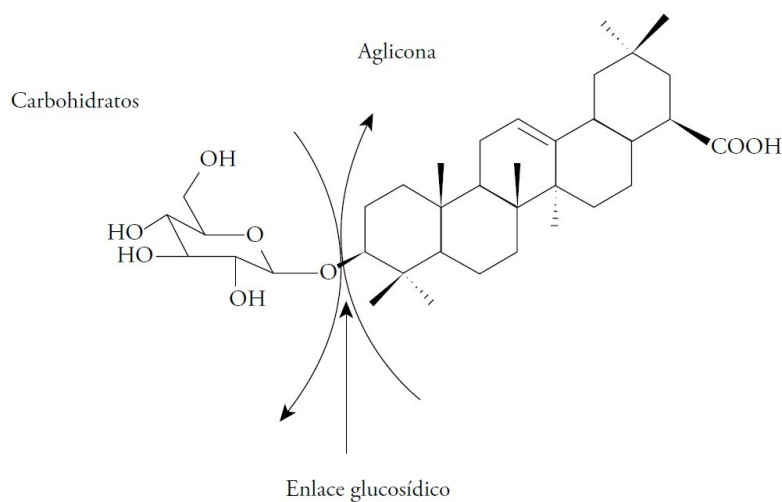


Figura 1. Saponina triterpenoide.³²

2.3.2. Biosíntesis

La aglicona proviene de la condensación de cinco carbonos llamados IPP (3 – isopentenil – pirofosfato) y DMAPP (dimetilalil pirofosfato), tanto la IPP y la DMAPP derivan de la condensación de acetil CoA en la vía del mevalonato o a partir de del piruvato y fosfogliceraldehidos.^{31,33} (Anexo 4)

2.3.3. Clasificación

Se clasifican como agliconas mono, di o triglicosiladas, conocidas también como mono, di o tridesmosídicas (Figuras 2, 3, 4 y 5); donde las monodesmosídicas tienen un oligosacárido unido al C-3; las bisdesmosídicas poseen dos cadenas de carbohidratos, uno de ellos mediante un enlace éter al C-3 y el otro unido al C-28 mediante un enlace éster y por último las tridesmosídicas contienen tres cadenas de azúcares.³²

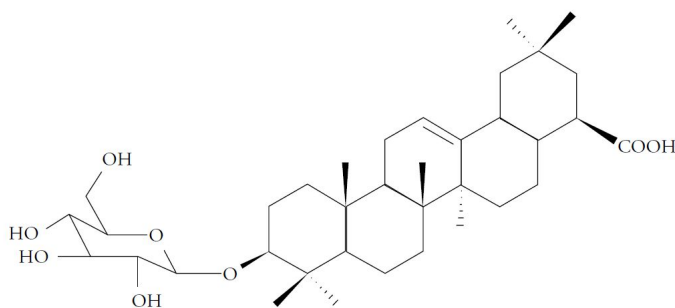


Figura 2. Saponina monodesmosídica (monoglicosilada).

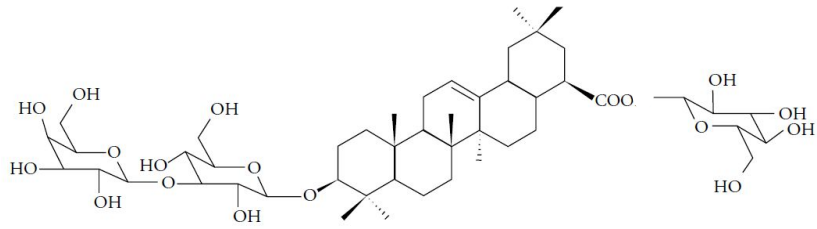


Figura 3. Estructura de una saponina bidesmosídica (diglicosilada).

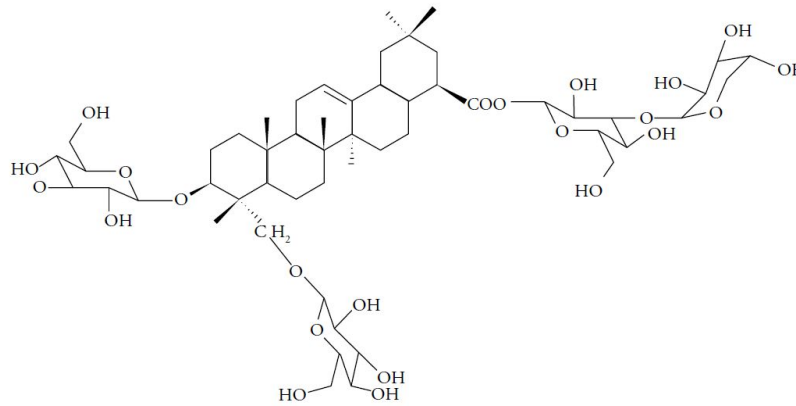


Figura 4. Saponina tridesmosídica (triglicosilada).

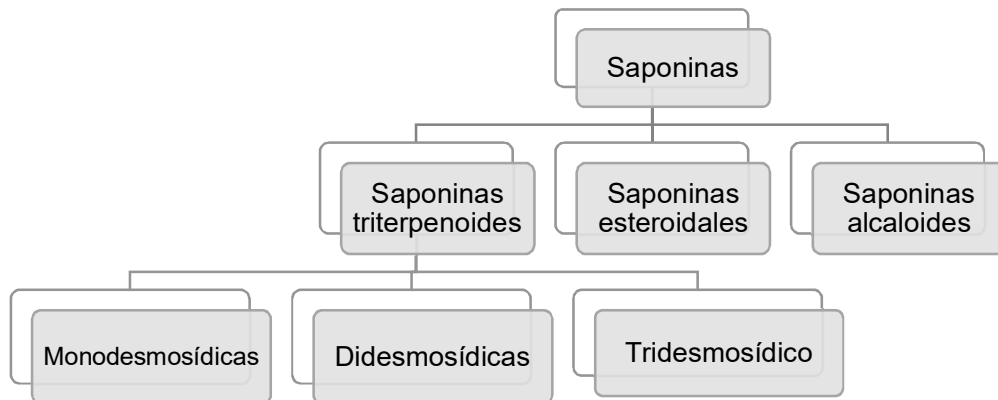


Figura 5. Categorías de las saponinas.³⁴

2.3.4. Actividad biológica

- **Actividad hemolítica**

Las saponinas tienen la propiedad de producir la ruptura de la membrana de los glóbulos rojos, esta se debe a su capacidad de unirse a los esteroides de la membrana, dando como resultado el estallido de la membrana, aumentando la permeabilidad y pérdida de hemoglobina.^{29,31,35} Las saponinas forman complejos con los esteroides de la bicapa lipídica de la membrana eritrocitaria, en el cual, la parte aglicona (hidrofóbica) de las saponinas, interactúa con el colesterol de la membrana, insertándose dentro de ella y la parte glicosídica (hidrofílica), interactúa con las glicoproteínas presentes en la superficie de la membrana eritrocitaria.³⁶(Anexo 5) El aumento de la permeabilidad de la membrana, induce un traslado de iones: el sodio y el agua entran, por lo que el potasio sale, por tanto, la membrana explota, lo que genera la salida de hemoglobina, asimismo, las saponinas monodesmosídicas tienen mayor actividad hemolítica que las bidesmosídicas y la actividad decrece conforme la cadena azucarada se alarga.²⁹

- **Antiinflamatoria**

En los ensayos inducidos por carragenina, diversas saponinas aisladas demostraron una inhibición de la inflamación.³²

- **Antifúngica**

Es activa frente a diversas cepas de *Candida albicans*. Puede estar influenciada por la variabilidad de los carbohidratos unidos mediante enlaces éter enlazados con el aglicón y la presencia de un oligosacárido acilado en C – 28 del aglicón.³¹

- **Antibacteriana**

Existen reportes de su actividad antimicrobiana, frente a microorganismos procariotas y eucariotas.³⁷

- **Citotóxica y antitumoral**

Los oleananos demostraron tener efecto antitumoral a través de diversas vías, actuando como: anticancerígenos, antimetástasis, inmunoestimulación, quimioprevención, etc.³²

- **Cardioprotectora**

Son considerados como agentes cardioprotectores, debido a que presentan propiedades reductoras del colesterol, hemolíticas y anticoagulantes, el cual, permite calificar a las saponinas como productos naturales cardioprotectores.³⁸

Se ha descrito ampliamente las propiedades biológicas de las saponinas aisladas de *Chenopodium quinoa* Willd.³² (Anexo 6)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Farmacognosia de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2. Definición de población y muestra

3.2.1.Población

Semillas de diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”, proporcionadas por el proyecto FOCAM: “Fortalecimiento de capacidades para realizar investigaciones genómicas, fitoquímicas, farmacológicas y toxicológicas de las semillas del germoplasma de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua” de la región de Ayacucho con fines de utilización como alimento funcional”; y del distrito de Huamanguilla ubicado 3276 m.s.n.m. (Huanta – Ayacucho) (Anexo 7).

3.2.2.Muestra

100 g de semillas por variedad. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, en la cual, se seleccionaron las semillas en buen estado. Una parte fue utilizada para la clasificación taxonómica, realizada por la especialista Blga. Laura Aucasime Medina (Anexo 1)

3.2.3.Unidad de análisis

Extracto metanólico desecado.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1.Recepción de la muestra

Las muestras recepcionadas son rotuladas y almacenadas en frascos ámbar, herméticamente cerrados, conservadas en ambiente seco.

3.3.2. Selección y molienda

Se procedió a utilizar un tamiz para la limpieza de las semillas, separando impurezas como polvo, cáscaras y partículas extrañas, zarandeando para conservar la uniformidad en el tamaño. Las semillas fueron molidas utilizando un molino doméstico, hasta la obtención de un polvo fino, el mismo que fue almacenado en frascos ámbar y conservados en refrigeración.

3.3.3. Obtención del extracto metanólico⁷

Diez gramos de muestra se extrajeron con 100 mL de metanol por extracción dinámica con un agitador magnético por 4 horas, se filtró y luego se añadió otros 100 mL de metanol y se repitió el proceso anterior. El filtrado obtenido se centrifugó a 3000 RPM durante 10 minutos para separar el sobrenadante. Los sobrenadantes se concentraron a través de un evaporador rotatorio (BUCHI R300), se obtuvo un extracto concentrado y luego se llevó a la estufa a 40°C hasta obtener un extracto seco. El extracto obtenido fue conservado en refrigeración a 4°C hasta su uso, en frascos de color ámbar. Se procedió de la misma forma con todas las variedades. Se pesó el extracto seco obtenido para determinar el porcentaje de rendimiento. (Anexo 8 y 9)

3.3.4. Tamizaje fitoquímico del extracto

Se procedió a realizar la marcha fitoquímica cualitativa al extracto obtenido, determinándose los metabolitos secundarios según el procedimiento descrito por Miranda y Cuellar.³⁹ (Anexo 10)

3.3.5. Contenido saponinas por el método colorimétrico

Realizado según lo propuesto por: Han y col,⁷ con algunas modificaciones. Se fundamenta en la oxidación de las saponinas por acción de la mezcla ácido acético y del ácido perclórico, el cual conjuntamente con la vainillina desarrollaron una coloración pardo amarillenta que fue leída a 550 nm.²⁰ A partir del extracto seco obtenido se preparó una solución a la concentración de 1 mg/mL, se tomaron 2 mL de la solución de saponinas, se llevó en un baño maría a 70°C para eliminar el disolvente, después de enfriar, el residuo se mezcló con 0,2 mL de vainillina al 5 % (p/v) en ácido acético 17M. Luego, se agregó 0,8 mL de ácido perclórico al 72 % dejándose reaccionar en baño maría a 70°C durante 10 minutos. Se enfrió la mezcla, después se añadió 5 mL de ácido acético 17M y se incubó a temperatura ambiente durante 10 min adicionales. La absorbancia se realizó a 550 nm, contra un blanco de reacción. Se elaboró una curva de calibración usando el estándar

Saponina de *Quillaja saponaria* (SQ) (Sigma Life Science) tomando alícuotas de (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; ,5 y 0,7 mL), a partir de una solución madre de 1 mg/mL metanol. Los ensayos se realizaron por triplicado. El contenido fue expresado como miligramos equivalentes de saponinas de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (mg ESQS/g extracto). (Anexos 11, 12, 13 y 14)

3.3.6. Contenido de saponinas por el método hemolítico

Se procedió según lo descrito Bondoc y col.⁴⁰, con algunas modificaciones, utilizando muestras de sangre de voluntarios sanos. Se colectó muestras de sangre en tubos de ensayo conteniendo solución de Alsever® (Sigma Aldrich), seguidamente se llevará a centrifugar a 3000 rpm durante 15 minutos. El sedimento obtenido fue lavado con solución salina fisiológica hasta una concentración final del 3 % de glóbulos rojos. Se utilizó muestras a la concentración de 10 mg/mL disueltas en solución salina fisiológica. Se tomaron en un tubo de ensayo 2,0 mL de la muestra problema o del estándar de referencia y 2,0 mL de la suspensión de los glóbulos rojos y se procedió a incubar durante cuatro horas. Después de cuatro horas, se tomaron lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 650 nm, con respecto al blanco de reacción. Se siguió el procedimiento para cada variedad de quinua y los ensayos se realizaron por triplicado. Se elaboró una curva de calibración utilizando saponinas de *Quillaja saponaria* como estándar (Sigma Life Science), para el cual, se tomó alícuotas de (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; y 1,0 mL), de una solución madre a la concentración de 10 mg/mL en suero fisiológico. El contenido fue expresado como miligramos equivalentes a saponinas de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (ESQS mg/g extracto). (Anexo 15, 16, 17 y 18)

3.3.7. Contenido de saponinas según el método de espuma

Se procedió a preparar las muestras a una concentración de 10 mg/mL en agua destilada, se tomaron 2,5 mL de la solución en un tubo de ensayo y se añadió 2,5 mL de agua destilada. Se mezcló y luego agitó el tubo durante un minuto vigorosamente. Se mide la altura de la espuma que se forma. El ensayo se realizó con tres repeticiones. Se elaboró una curva de calibración utilizando como estándar saponinas de *Quillaja saponaria* (Sigma Life Science), a partir de una solución madre de 5 mg/mL tomándose alícuotas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; y 1,0 mL; respectivamente y completándose hasta 5 mL con agua destilada. Los resultados se expresan como miligramos equivalentes de saponinas de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (mg ESQS/g extracto). (Anexo 19, 20, 21 y 22)

3.4. Análisis de datos

Los promedios \pm la desviación estándar del contenido de saponinas obtenido por el método colorimétrico, hemolítico y de espuma, son presentados en forma de figuras y tablas. Las diferencias entre las variedades en cada ensayo, se determinaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba complementaria de Scheffé con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$). En las curvas de calibración se utilizó el análisis de regresión lineal y el coeficiente de variación para determinar su linealidad.

IV. RESULTADOS

Tabla 1. Porcentaje de rendimiento de los extractos metanólicos.

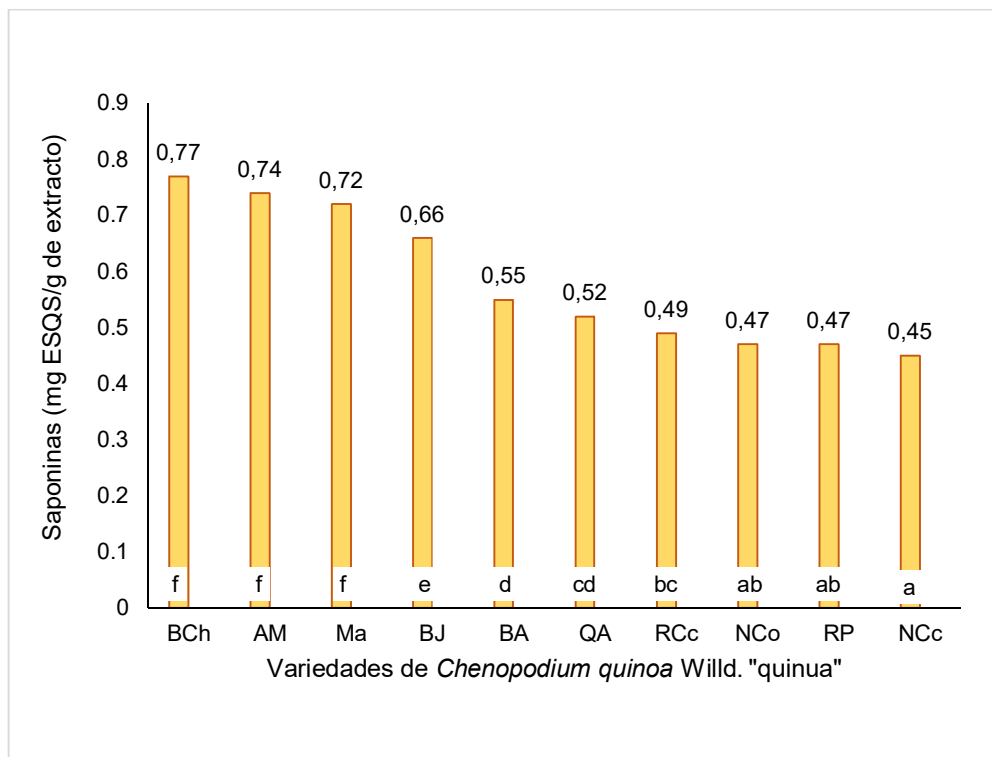
Variedad	Masa de muestra (g)	Masa frasco (g)	Masa de frasco + muestra seca (g)	Masa de muestra seca obtenida (g)	Rendimiento (%)
QA	10	96,40	97,37	0,97	9,72
AM	10	95,10	95,69	0,59	5,90
Ma	10	95,30	96,23	0,93	9,26
BA	10	95,70	96,37	0,67	6,72
BJ	10	95,80	96,63	0,83	8,35
BCh	10	95,90	96,54	0,64	6,35
RCc	10	95,50	95,97	0,47	4,65
RP	10	95,50	95,92	0,42	4,18
NCc	10	95,70	96,04	0,34	3,39
NCo	10	96,50	96,80	0,30	2,98

Leyenda: QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca Junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: Negra ccoito.

Tabla 2. Metabolitos secundarios presentes en los extractos.

Metabolito secundario	Variedades									
	QA	AM	Ma	BA	BJ	BCh	RCc	RP	NCc	NCo
Fenoles	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Triterpenos y/o esteroides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Azúcares reductores	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Quinonas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Taninos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aminas y/ aminoácidos libres	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponinas	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Leyenda: (+) presencia; (-) ausencia; QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca Junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: negra ccoito.

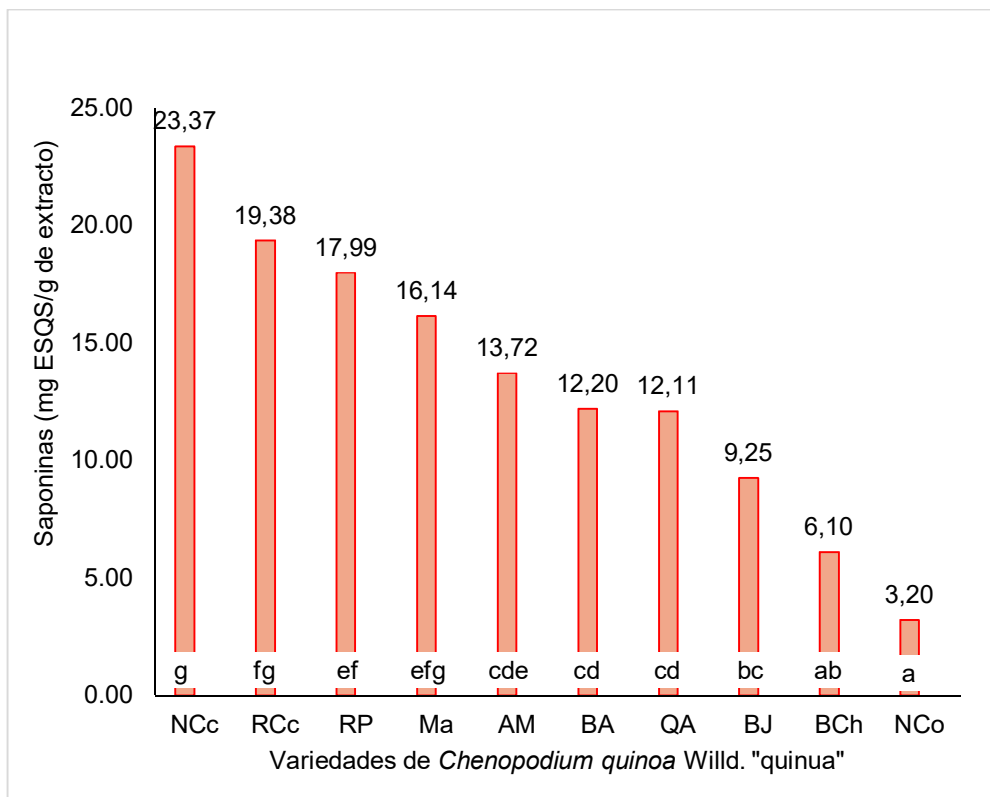


Leyenda: QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca Junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: negra ccoito.

* ANOVA: $p < 0,05$

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

Figura 6. Contenido de saponinas por el método colorimétrico en el extracto metanólico de semillas de diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua".

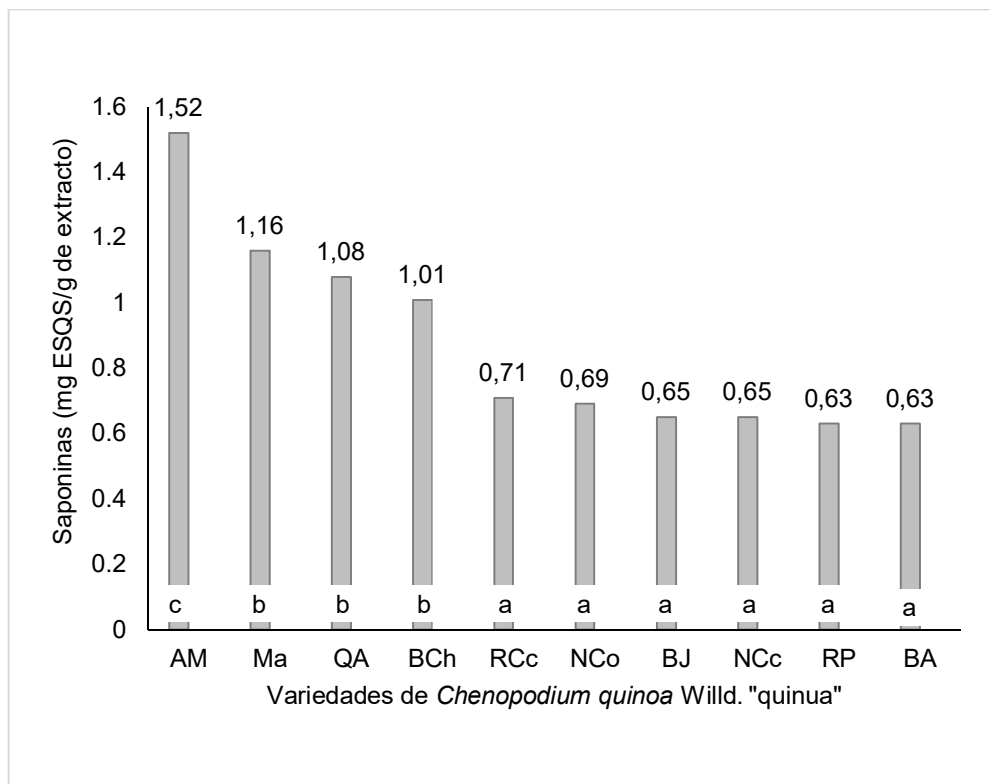


Legenda: QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: negra ccoito.

* ANOVA: $p < 0,05$

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

Figura 7. Contenido de saponinas según el método hemolítico en el extracto metanólico de semillas de diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua".



Leyenda: QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca Junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: Negra ccoito.

* ANOVA: $p < 0,05$

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

Figura 8. Contenido de saponinas de según el método de espuma, en los extractos metanólicos de semillas de diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. "quinua".

V. DISCUSIÓN

El *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, considerado como un pseudocereal al no pertenecer a la familia de las gramíneas, es un cultivo con altos índices nutricionales y a su vez, es una fuente importante de metabolitos secundarios, entre las cuales, se encuentran las saponinas que no son considerados nutritivos y suelen presentar toxicidad según su concentración, sin embargo, su importancia radica, en que, en diversas variedades pueden contener alta concentraciones, las cuales, podrían presentar compuestos con posibles propiedades farmacológicas⁴¹.

En la **Tabla 1**, se reportan los resultados del rendimiento obtenido por la extracción metanólica de las semillas de *C. quinoa* Willd. “quinua”, donde las variedades de Quinoa amarilla, Matachín y Blanca Junín obtuvieron 9,72 %; 9,26 % y 8,35 % de rendimiento, respectivamente, siendo superiores al resto, mientras que las variedades Negra ccollana y Negra ccoito obtuvieron 3,39 % y 2,98 %, respectivamente, obtuvieron los rendimientos más bajos. Esto se podría explicar debido a la solubilidad de los compuestos presentes en las semillas de *C. quinoa* Willd. “quinua”. Estudios previos desarrollados indican que un buen disolvente de extracción se caracteriza por su extracción óptima y la capacidad que tiene de preservar la estabilidad de los componentes que pueda extraer⁴², entre la amplia gama de componentes fitoquímicos, el disolvente de extracción genera un impacto significativo en el nivel de compuestos extraídos, entre ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides, etc., en nuestro caso las saponinas, conocidos como heterósidos que presentan una estructura con una parte glucídica (polar) y una genina conocida como sapogenina (naturaleza esteroideal o triterpénica), lo que le da una característica poco polar⁴³, por otro lado, el contenido de proteínas, grasas y carbohidratos son elevadas en algunas variedades de quinua,

posiblemente estos compuestos se extrajeron en mayor cantidad, los cuales, se manifiestan en el rendimiento obtenido.

En la **Tabla 2**, se observa que en los extractos metanólicos de las diez variedades de *C. quinoa* Willd., la presencia de fenoles, flavonoides, terpenos, azúcares reductores, aminoácidos, taninos y saponinas (Anexo 23 y 24). Al momento ya existen trabajos de investigación que reportan los perfiles químicos de los metabolitos secundarios presentes en la semilla de *C. quinoa* Willd. “quinua”, en cuanto a los ácidos fenólicos se han identificado derivados del ácido ferúlico, ácido benzoico, ácido vanílico, ácido cumárico, ácido clorogénico, ácido cinámico,^{44,45}. Se reportan flavonoides identificados como quercetina, kaempferol, isorhamnetina, luteolina⁴⁵, eriodictiol, dihidroquercetina, diosmetina, apigenina, tamarixetina⁴⁶. Entre las saponinas triterpénicas se identificaron derivados de ácido oleanólico, la hederagenina, ácido fitolacagénico, ácido serjánico⁴⁷, ácido espergulagénico, gipsogenina, ácido 3 β ,23-dihidroxi-olean-12-eno-28,30-dioico⁴¹, las saponinas generalmente comparten un núcleo triterpénico la β -amirina³², entre los alcaloides identificados esta la trigonelina⁴⁸, por otro lado, estudios revelaron que el *C. quinoa* Willd. “quinua”, presenta betacianinas que es un tipo de betalaína compuestos alcaloides derivados de tirosina⁴⁹.

En la **Figura 6**, se muestran los resultados del contenido de saponinas por el método espectrofotométrico (Anexo 25), en dónde las variedades Blanca choclito, Amarilla Marangani y Matachín, evidencian el mayor contenido de saponinas con 0,77; 0,74 y 0,72 mg equivalente a Saponina de *Quillaja saponaria* por gramo de extracto (mg ESQS/g de extracto); mientras que, las variedades Negra Ccollana, roja pasankalla y Negra ccoito, muestran menor contenido con 0,45; 0,47 y 0,47 mg ESQS/g de extracto; respectivamente. La prueba de ANOVA y de comparaciones Múltiples de Scheffé, nos permiten inferir que el contenido de saponinas de las diez variedades es diferente (Anexos 26 y 27). Asimismo, se observa que las variedades blancas y amarillas muestran mayor contenido, mientras que, las variedades rojas y negras, muestran menor contenido de saponinas. Las variedades Blanca choclito y Amarilla Marangani, son consideradas quinuas semidulces por su bajo contenido de saponinas, mientras que, la variedad Matachín es un híbrido, que no ha recibido su clasificación ya sea como quinua dulce o amarga, según la altitud (3276 m.s.n.m, en el distrito de Huamanguilla) del lugar de crecimiento. También, se debe de tener en cuenta que

las quinuas coloreadas, tienden a biosintetizar pigmentos que son de naturaleza fenólica principalmente. Siendo, las saponinas y los compuestos fenólicos, sustancias que se biosintetizan como resultado del estrés biótico y abiótico⁵⁰, por tanto, en algunas especies tienden a acumular mayor contenido de saponinas y en otras, mayor contenido de compuestos fenólicos, tal como se muestran en los resultados de esta investigación.

En la literatura se cita el contenido de saponinas descrito por Mora et al.⁵¹, quienes cuantificaron el contenido de saponinas en cinco variedades de *C. quinoa* Will. "quinua", entre las cuales se encuentran, Amarilla Marangani, Dorada, Negra de la Colorada, Blanca de Jericó y Tunkahuan, variedades que son cultivadas en Colombia. Reportaron que el contenido de saponinas extraídas, se encontraba en un rango de 0,55 a 24,18 mg de saponina/g de semilla, esto se debe posiblemente al método de extracción realizado en el estudio, puesto que utilizaron *n*-butanol para la extracción enriquecida de saponinas, en el cual, se resalta la variedad Amarilla Marangani con mayor contenido de saponinas. Subieta et al.⁵², mencionan que los ecotipos de la Quinoa Real: blanca, amarilla y rosada presentaron 0,23 %; 0,26 % y 0,29 % de saponinas, respectivamente. Dichos resultados no concuerdan con lo reportado en la presente investigación, porque, las quinuas blancas y amarillas tuvieron mayor contenido, tal como, se ha mostrado más arriba, esto puede deberse a que la variedad Quinoa Real, crece en Bolivia y es considerada como una variedad amarga, rica en saponinas.

Guzmán y col.⁹, en su estudio reportó en la variedad Quentu 121,6 mg/g de muestra, el cual, se puede considerar como un elevado contenido de saponinas. Las diferencias en el contenido de saponinas, podría deberse al tipo de saponinas que contiene cada variedad, asimismo, podría deberse al diferente grado de glicosilación como se ha mencionado en la revisión bibliográfica o por el tipo de aglicón presente.

En la **Figura 7**, se reporta los resultados del contenido de saponinas según el método hemolítico (Anexo 25), donde la variedad Negra ccollana contiene 23,37 mg ESQS/g de extracto, mientras que, la variedad Negra ccoito mostró el más bajo contenido (3,20 mg ESQS/g de extracto), según el método hemolítico, respectivamente. El análisis de varianza muestra que el contenido de saponinas por este método, es variable y existen diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$) (Anexo 28); y la prueba de comparaciones múltiples de Scheffé, corrobora que la

variedad Negra ccollana tuvo mayor contenido y la variedad Negra ccoito menor contenido (Anexo 29). De estos resultados, se observa que no hay una relación entre el contenido de saponinas, respecto entre las variedades blancas y amarillas; y las variedades rojas y negras, tal como, se había observado en la cuantificación por el método colorimétrico. La capacidad de lisar los glóbulos rojos es una característica que define a una saponina, por tanto, la naturaleza de las saponinas presentes que pueden ser monodesmósido, bidesmósido y tridesmósido podrían influir en la capacidad hemolítica, las cuales se presentan en las semillas de quinua en diferentes proporciones, determinando su capacidad hemolítica.

La complejidad de los enlaces con los azúcares y el número de sustituyentes en las saponinas tienen influencia en la actividad hemolítica. De hecho, la interacción de las saponinas con la membrana celular, causa desestabilización de la membrana eritrocitaria, el cual, esta característica fue utilizada para cuantificar saponinas en el tiempo; Amini y col.⁵³, y Voutquenne y col.⁵⁴, determinaron la relación estructura actividad de 59 saponinas naturales o parcialmente sintéticas, según su propiedad hemolítica, en la cual, concluyeron que la actividad hemolítica depende del número de unidades de azúcares unidos al aglicón, así como, de la relevancia de su presencia en posición 3 o de la presencia de grupos funcionales en el aglicón, tales como, la función carboxílica o un grupo α – hidróxilo en posición 16. Asimismo, compararon las actividades entre saponinas monodesmosídicas y bidesmosídicas, demostrando que las saponinas monodesmosídicas son más activas y sugieren un balance polar entre los azúcares en posiciones 3 y 28.

Según la bibliografía consultada en diversas variedades de *C. quinoa* Willd predominan las saponinas triterpénicas tal como reporta Zhu y col.⁵⁵, Kuljanabthagavad y col.⁴⁷, Ahumada y col.³², Miziu y col.⁵⁶, Lin y col.⁵⁷, estos reportes tienen una relación directa sobre la actividad hemolítica que presentan las saponinas triterpénica del *C. quinoa* Willd debido a que existe investigaciones acerca de la relación estructura actividad de las saponinas triterpénicas con respecto a la hemólisis mostraron una mejor actividad en comparación con el ursano y damarano (estándares de saponinas triterpénicas)⁵⁸, esto nos podría predecir que la variación del contenido de saponinas en nuestro estudio de la diez variedades tendrán una actividad diferente debido al tipo de saponina que están presentes, puesto que, estructuralmente en cuanto a sus sustituciones por grupos

funcionales en el núcleo triterpénico tendrá mejor interacción con la membrana celular, es decir, como se mostró que las variedades Negra ccollana, Roja ccollana y Roja pasankalla obtuvieron superioridad frente al resto de variedades se podría suponer que las saponinas contenidas presentan una estructuración más adecuada para hemolizar los eritrocitos.

Según describe El Hazzam et al.¹⁹, las saponinas con actividad hemolítica dependen de su estructura y según su estudio, casi todas las saponinas derivados del ácido oleanólico mostraron una actividad hemolítica considerable y que esto se debe a la presencia de ciertos grupos químicos sobre la estructura del núcleo triterpénico, como la disposición de un grupo carboxilo en la posición 28, un β -hidroxilo en la posición 3 y un α -hidroxilo en la posición 16, esta información también es concordante con lo reportado por Woldemichael & Wink.³⁵, quienes indican que la capacidad hemolítica de las saponinas es mayor en derivados del ácido oleanólico como el ácido 3-O- β -D-glucuronopiranosilo oleanólico éster 28-O- β -D-glucuronopiranosilo, que resultó ser un compuesto con una fuerte actividad hemolítica. Otro estudio realizado por Bissinger et al.⁵⁹, nos indica en sus resultados que los eritrocitos expuestos a saponinas aumentan la unión de anexina V (proteína indicadora de células apoptóticas), son estimulados a la producción de hemólisis, y alteración de la membrana celular debido a la entrada de calcio (Ca^{2+}) del espacio extracelular y finalmente producción de ceramidas, esta información podría explicar el mecanismo de acción de las saponinas sobre los eritrocitos.

En la **Figura 8**, se reporta la cuantificación de saponinas según el método de espuma (Anexo 25), donde la variedad Amarilla Marangani reportó mayor contenido (1,52mg ESQS/g de extracto), mientras que, las variedades Roja pasankalla, Blanca arete, Blanca Junín, Negra ccollana, Negra ccoito y Roja ccollana presentaron un resultado inferior a 1,00 mg ESQS/g de extracto. El ANOVA muestra que el contenido de saponinas por el método de espuma, es variable y existen diferencias significativas entre ellas ($p < 0,05$) (Anexo 30); y la prueba de comparaciones múltiples de Scheffé, ratifica que la variedad Amarilla Marangani tuvo el mayor contenido, y las variedades Roja pasankalla, Blanca arete, Blanca Junín, negra ccollana, negra ccoito y roja ccollana tiene menor contenido (Anexo 31). La altura, de la espuma fue variable y dependiente de la muestra. Sin embargo, se podría generar un sesgo, puesto que, la cuantificación

de saponinas por este método puede extraer algunas proteínas que pueden influenciar en la estabilidad de la espuma, cambiando la altura en ambas direcciones, el cual, puede conducir a una sobrestimación del contenido de saponinas.⁶ También la literatura reporta, que alturas de la espuma menor a 0,6 cm; pueden ser clasificadas como dulces²⁰ y en esta investigación, todas las variedades fueron superiores a 0,6 cm de altura, por tanto, pueden ser consideradas como no dulces. Los resultados reportados por Morillo et al.⁶, y Mora et al.⁵¹, coinciden para la variedad Amarilla Marangani, considerada como una variedad amarga (1,52 cm de altura de la espuma).

Por otro lado, la glicirricina (ácido glicirricínico) que es una saponina presente en la raíz de la *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabacea), reduce la tensión superficial mejor que el aglicón (ácido glicirretínico), probablemente por la presencia de su resto azucarado constituido por dos unidades de glucosa, asimismo, en el caso de las saponinas de *Hedera hélix* L. (Araliaceae), la monodesmosido α – hederina tiene mayor capacidad de reducir la tensión superficial del agua, que el bidesmosido hederacósido C⁶⁰, en este caso, las saponinas monodesmosídicas tienen mayor capacidad de reducir la tensión superficial que las bidesmósídicas, el cual, se correlaciona con la actividad hemolítica, anteriormente descrita. Esto también podría explicar las discrepancias entre los resultados de la cuantificación de las saponinas por el método colorimétrico y por espuma, en el cual, el aglicón de las saponinas podrían ser cuantificadas por el método colorimétrico, pero no por el método de la espuma e incluso por el método hemolítico, salvo para la variedad Amarillo maranganí que mostró mayor contenido en el método colorimétrico y de espuma.

En otros estudios del método de la espuma realizado en semillas, Campos y Guerrero⁶¹, reportaron que, de cinco variedades, las variedades de Quinua amarilla (0,71 %) y Quinua blanca (0,53 %), tuvieron mayor porcentaje de saponinas, sin embargo, no precisan la procedencia de las semillas. Asimismo, Carbajal⁶⁰ reportó el porcentaje de saponinas en diez variedades de quinua, en la cual las variedades Amarilla Marangani (0,13 %), Blanca Junín (0,08 % y Negra ccollana (0,05 %), tuvieron los porcentajes respectivos, observándose que las variedades blancas y amarillas, tuvieron mayor porcentaje, sin embargo, fueron especies que se cultivaron en el campo experimental de la Universidad Nacional

Agraria de La Molina (La Molina – Lima), por tanto, puede haber alguna influencia con respecto a la altitud de su hábitat natural.

La diferenciación en el contenido de saponinas entre cada variedad de quinua varían de acuerdo a factores ambientales como por ejemplo la sequía y salinidad del suelo que podría ocasionar mayor contenido de las saponinas, como también la variedad de quinuas dulces tienen menores contenidos de saponinas en referencia a las variedades de sabor amargos⁶², datos que concuerdan con estudios moleculares que lograron demostrar que la presencia de saponinas tiene una relación directamente proporcional con el grosor de la capa externa de las semillas; es decir, que las variedades amargas presentan una capa externa más gruesa y por ende presentarían un mayor contenido de saponinas en comparación de las variedades dulces⁶³, información que tiene relación con el estudio de Soto y col.⁶⁴, que en su estudio comparativo de doce variedades de quinua, caracteriza a las variedades Amarilla Marangani, Roja pasankalla y Blanca Junín como amargas o semiamargas lo que supondría un elevado contenido de saponinas lo que concuerda con nuestros resultados donde la variedad Amarilla Marangani presenta alto contenido obtenido por el método espectrofotométrico y según el método de espuma. Por otro lado, según los resultados de Mori⁶⁵, concluye que la relación del contenido de saponinas tiene una relación inversamente proporcional con la suministración de agua, es decir, que a menor disponibilidad de agua se obtendrá mayor contenido de saponinas, esto se debe a que el punto de marchitez de la planta influye directamente en la expresión metabólica de las saponinas, del mismo modo Martínez y col.⁶⁶, también evidenció en su estudio que el nivel de saponina de una variedad de estudio con alto contenido inicial de saponina disminuyó en un 9 % al someterlo a mayor riego y aumentó el contenido de saponinas en un 25 % cuando fue sometido a menor riego, esto nos indica que los factores climáticos son importantes en la síntesis de saponinas, entre otros factores se encuentra la temperatura ambiental que se encuentra en el rango de 0 – 30 °C el cual es tolerable para la quinua⁶⁷, del mismo modo Präger y col.¹, en el estudio del efecto hídrico en estación seca y húmeda sobre las variedades Zeno, Jessie, Puno, Titicaca también mostraron resultados contrastables con Mori⁶⁵ y Martínez y col.⁶⁶, aseverando que en esencia en un ambiente climático con un déficit hídrico, será beneficioso para la síntesis de saponinas. Adicionalmente en un estudio comparativo desarrollado por Ponce de León⁶⁸, reporta que la altitud de crecimiento de la quinua también influye en el contenido de metabolitos

secundarios, es este caso hay una variación del contenido de saponinas en accesiones originales del departamento de Cuzco. Las literaturas consultadas nos indica que existen múltiples factores que pueden explicar la variación en el contenido de saponinas, no podemos hacer aseveración de manera generalizada con las variedades de nuestro estudio, por lo que necesitaríamos más estudios que complementen las ideas de la variación del contenido de saponinas.

Según la información recaudada nos menciona que las variedades de quinua que son dulces presentan un menor contenido de saponinas, por otro lado, otra responsabilidad que se le atribuye a las saponinas es su actividad frente a las plagas que aquejan a los cultivos de quinua, es decir, que las variedades dulces presentan una baja resistencia a las plagas puesto que presenta bajos contenidos de saponinas y los estudios previos concluyen que las saponinas proveen de una fuerte actividad insecticida o en otras palabras ejercen una actividad protectora frente a insectos, herbívoros (aves), como también infestaciones microbianas^{69,70}.

Finalmente, del estudio realizado no se pudo establecer una relación entre el contenido de saponinas por los tres métodos utilizados, debido a la naturaleza química de las saponinas presentes en las diez variedades estudiadas, la variedad Amarilla Marangani fue la única que tuvo relación por el método colorimétrico y de espuma. Teóricamente, las semillas blancas y amarillas, deberían tener mayor contenido de saponinas respecto a las rojas y negras, sin embargo, los resultados de esta investigación y la información bibliográfica, no permitieron confirmar esta hipótesis. Se ha descrito que la biosíntesis de las saponinas en las semillas de quinua, están influenciadas por factores bióticos y abióticos, el cual, se reflejan en los resultados obtenidos.

VI. CONCLUSIONES

1. Las semillas de las variedades Quinoa amarilla, Amarilla Marangani, Matachin, Blanca arete, Blanca Junín, Blanca choclito, Roja ccollana, Roja pasankalla, Negra ccollana y Negra ccoito de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, presentaron un contenido variable de saponinas.
2. Las semillas de las variedades estudiadas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”, contienen fenoles, flavonoides, terpenos, azúcares reductores, alcaloides, taninos, aminoácidos y saponinas.
3. Las variedades Blanca choclito ($0,77 \pm 0,02$ mg ESQS/g de extracto) y Amarilla Marangani ($0,74 \pm 0,02$ mg ESQS/g de extracto), tuvieron mayor contenido de saponinas por el método colorimétrico.
4. La variedad Negra ccollana ($23,37 \pm 0,14$ mg ESQS/g de extracto), mostró mayor contenido de saponinas por el método hemolítico.
5. La variedad Amarilla Marangani ($1,52 \pm 0,12$ mg ESQS/g de extracto), presentó mayor contenido de saponinas por el método de la espuma.

VII. RECOMENDACIONES

1. Identificar las saponinas presentes en las semillas de las variedades de *C. quinoa* Willd. del presente estudio, por UHPLC-MS/MS.
2. Determinar el contenido de triterpenos y /o esteroides presentes en las semillas de *C. quinoa* Willd. del presente estudio y su relación directa sobre su actividad hemolítica y de espuma.
3. Realizar estudios farmacológicos de las saponinas a partir de las variedades de *C. quinoa* Willd. del presente estudio, que presentaron mayor contenido saponinas.
4. Realizar estudios toxicológicos en las variedades de *C. quinoa* Willd. del presente estudio, que presentaron altos contenidos de saponinas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Präger A, Munz S, Nkebiwe P, Mast B, Graeff-Hönninger S. Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy* [Internet]. 20 de septiembre de 2018 [citado 30 de septiembre de 2023];8(10):197. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>
2. Angeli V, Miguel Silva P, Crispim Massuela D, Khan MW, Hamar A, Khajehei F, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the “Golden Grain” and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. *Foods* [Internet]. 19 de febrero de 2020 [citado 30 de septiembre de 2023];9(2):216. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
3. Manaa A, Goussi R, Derbali W, Cantamessa S, Essemine J, Barbato R. Photosynthetic performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) after exposure to a gradual drought stress followed by a recovery period. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*. mayo de 2021;1862(5):148383.
4. Juang YP, Liang PH. Biological and Pharmacological Effects of Synthetic Saponins. *Molecules* [Internet]. 27 de octubre de 2020 [citado 30 de septiembre de 2023];25(21):4974. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25214974>
5. Andina.pe. En Perú hay unas 3,000 variedades de quinua, informa universidad Agraria | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina [Internet]. [citado 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-en-peru-hay-unas-3000-variedades-quinua-informa-universidad-agraria-455576.aspx>
6. Morillo AC, Manjarres EH, Mora MS. Afrosymmetric method for quantifying saponins in *Chenopodium Quinoa* Willd. from Colombia. *Brazilian Journal of Biology* [Internet]. 2022 [citado 26 de septiembre de 2023];82. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262716>
7. 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* [Internet]. 2 de noviembre de 2019 [citado 19 de agosto de 2023];83(11):2128-39. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1080/09168451.2019.1638756>
8. Lozano M, Ticona E, Carrasco C, Flores Y, Almanza G. Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Boliviana de Química* [Internet]. 2012 [citado 19 de agosto de 2023];29(2):131-8. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602012000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

9. Guzmán B, Cruz D, Alvarado J, Mollinedo P. Cuantificación de saponinas en muestras de cañihua *Chenopodium pallidicaule* Aellen. Rev Bol Química [Internet]. 2013 [citado 19 de agosto de 2023];30(2). Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602013000200004
10. Lim JG, Park H, 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 [Internet]. 19 de enero de 2020 [citado 19 de agosto de 2023];8(1):694-702. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1358>
11. Bonilla H, Carbajal Y, Gonzales M, Vásquez V, López A. Determination of the insecticide activity of the saponine of the quinoa (*Chenopodium quinoa*) in larvae of *Drosophila melanogaster*. Scientia Agropecuaria [Internet]. 29 de marzo de 2019 [citado 19 de agosto de 2023];10(1):39-45. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.04>
12. Franco J, Hurtado L. Regímenes de riego en el crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo sistema de goteo. Anales Científicos [Internet]. 30 de junio de 2019 [citado 23 de agosto de 2023];80(1):205. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v80i1.1385>
13. Rojas A, Tapia W. Cuantificación por espectrofotometría uv/vis de las saponinas contenidas en la episperma de la especie *Chenopodium quinoa* willd “quinua” procedente de la provincia de Santiago de Chuco - La Libertad” [Internet] [Tesis de pregrado]. [Trujillo]: Universidad Nacional de Trujillo; 2011 [citado 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4689>
14. Huayanca I, Anaya B. Actividad antimicótica de saponina de *Chenopodium quinoa* Willd (quinua) frente a *Candida albicans* ATCC 90028. Ayacucho 2020. [Internet] [Tesis pregrado]. [Ayacucho]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2021 [citado 19 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4486>
15. Jardín Botánico de Missouri. Tropicos | Name - *Chenopodium quinoa* [Internet]. Tropicos.org. 2024 [citado 15 de enero de 2024]. Disponible en: <https://tropicos.org/name/7200325>
16. Maughan PJ, Bonifacio A, Coleman CE, Jellen EN, Stevens MR, Fairbanks DJ. Quinoa (*Chenopodium quinoa*). Pulses, Sugar and Tuber Crops [Internet]. 19 de enero de 2007 [citado 19 de febrero de 2024];147-58. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-34516-9_9
17. Abugoch LE. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. En: Advances in Food and Nutrition Research [Internet]. 1.^a ed. Amsterdam: Academic Press; 2009 [citado 19 de marzo de 2023]. p. 1-31. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)

18. Woldemichael GM, Wink M. Identification and Biological Activities of Triterpenoid Saponins from *Chenopodium quinoa*. J Agric Food Chem [Internet]. 1 de mayo de 2001 [citado 19 de agosto de 2023];49(5):2327-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf0013499>
19. El Hazzam K, Hafsa J, Sobeh M, Mhada M, Taourirte M, EL Kacimi K, et al. An Insight into Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A Review. Molecules [Internet]. 27 de febrero de 2020 [citado 25 de septiembre de 2023];25(5):1059. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules25051059>
20. Medina-Meza IG, Aluwi NA, Saunders SR, Ganjyal GM. GC–MS Profiling of Triterpenoid Saponins from 28 Quinoa Varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in Washington State. J Agric Food Chem [Internet]. 16 de noviembre de 2016 [citado 7 de enero de 2024];64(45):8583-91. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02156>
21. Lin, Han, Li, Wang, Lai, Zhou. Quinoa Secondary Metabolites and Their Biological Activities or Functions. Molecules [Internet]. 9 de julio de 2019 [citado 4 de febrero de 2024];24(13):2512. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules24132512>
22. Carciochi R, Manrique G, Dimitrov K. Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). Int Food Res J [Internet]. 2014 [citado 19 de agosto de 2023];21(2):767-73. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/33691>
23. Dong S, Yang X, Zhao L, Zhang F, Hou Z, Xue P. Antibacterial activity and mechanism of action saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. husks against foodborne pathogenic bacteria. Ind Crops Prod [Internet]. 1 de julio de 2020 [citado 19 de marzo de 2023]; 149:112350. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020302661>
24. Liu M, Zhu K, Yao Y, Chen Y, Guo H, Ren G, et al. Antioxidant, anti-inflammatory, and antitumor activities of phenolic compounds from white, red, and black *Chenopodium quinoa* seed. Cereal Chem [Internet]. 24 de mayo de 2020 [citado 20 de agosto de 2023];97(3):703-13. Disponible en: [10.1002/cche.10286](https://doi.org/10.1002/cche.10286)
25. Verza S, Silveira F, Cibulski S, Kaiser S, Ferreira F, Gosmann G, et al. Immunoadjuvant activity, toxicity assays, and determination by UPLC/Q-TOF-MS of triterpenic saponins from *Chenopodium quinoa* seeds. J Agric Food Chem [Internet]. 28 de marzo de 2012 [citado 19 de marzo de 2023];60(12):3113-8. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf205010c>
26. Guevara L, Quintero N. La quinua, sus compuestos bioactivos, propiedades funcionales en el diseño y desarrollo de productos [Internet]. Bogotá; 2021 [citado 19 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/p40ja>

27. Rai S, Acharya-Siwakoti E, Kafle A, Devkota HP, Bhattarai A. Plant-Derived Saponins: A Review of Their Surfactant Properties and Applications. *Sci* [Internet]. 16 de noviembre de 2021 [citado 3 de enero de 2024];3(4):44. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/sci3040044>
28. Pérez-Urria Carril E, Ávalos García A. Metabolismo secundario de plantas [Internet]. Vol. 2, Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal. Ana G. Moreno; 2009 [citado 20 de agosto de 2023]. p. 119-45. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/50406>
29. Bruneton J. Farmacognosia. 2.^a ed. Vol. 1. Editorial ACRIBIA; 1993.
30. Böttger S, Hofmann K, Melzig MF. Saponins can perturb biologic membranes and reduce the surface tension of aqueous solutions: A correlation? *Bioorg Med Chem* [Internet]. mayo de 2012 [citado 6 de enero de 2024];20(9):2822-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2012.03.032>
31. Troisi J, Pulvento C, Vega A, Martínez E, Di Fiore R, d'Andria E, et al. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. [Internet]. 2014 [citado 20 de agosto de 2023];724. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>
32. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benítez R. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* [Internet]. 1 de septiembre de 2016 [citado 19 de marzo de 2023];45(3):438-69. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/62043>
33. Lee MH, Jeong JH, Seo JW, Shin CG, Kim YS, In JG, et al. Enhanced Triterpene and Phytosterol Biosynthesis in *Panax ginseng* Overexpressing Squalene Synthase Gene. *Plant Cell Physiol* [Internet]. 15 de agosto de 2004 [citado 23 de agosto de 2023];45(8):976-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/pcp/pch126>
34. Ashour AS, El Aziz MMA, Gomha Melad AS. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *J Nanomed Res* [Internet]. 22 de febrero de 2019 [citado 26 de septiembre de 2023];7(4):282-8. Disponible en: <https://doi.org/10.15406/jnmr.2019.07.00199>
35. Woldemichael GM, Wink M. Identification and Biological Activities of Triterpenoid Saponins from *Chenopodium quinoa*. *J Agric Food Chem* [Internet]. 1 de mayo de 2001 [citado 25 de septiembre de 2023];49(5):2327-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/jf0013499>
36. Cruz M de FSJ, Pereira GM. Structure-activity relationship of triterpenoid saponins: Biological properties and commercial applicabilities. *Revista Fitos* [Internet]. 7 de diciembre de 2022 [citado 7 de enero de 2024]; Disponible en: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2022.1351>
37. Sun X, Yang X, Xue P, Zhang Z, Ren G. Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa husks against halitosis-related

- bacteria. BMC Complement Altern Med [Internet]. 12 de diciembre de 2019 [citado 9 de enero de 2024];19(1):46. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2455-2>
38. Singh D, Chaudhuri PK. Structural characteristics, bioavailability and cardioprotective potential of saponins. Integr Med Res [Internet]. marzo de 2018 [citado 26 de septiembre de 2023];7(1):33-43. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.imr.2018.01.003>
 39. Miranda M, Cuéllar A. Manual de prácticas de laboratorio: Farmacognosia y productos naturales [Internet]. 1.^a ed. Universidad de la Habana Cuba. Habana - Cuba: Instituto de Farmacia y Alimentos; 2000 [citado 7 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://isbn.cloud/9789590717956/manual-de-practicas-de-laboratorio-farmacognosia-y-productos-naturales/>
 40. Soltani M, Parivar K, Baharara J, Kerachian MA, Asili J. Hemolytic and cytotoxic properties of saponin purified from *Holothuria leucospilota* sea cucumber. Rep Biochem Mol Biol [Internet]. octubre de 2014 [citado 20 de agosto de 2023];3(1):43. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4757088/>
 41. Cabanillas B, Espichán F, Estrada R, Neyra E, Rojas R. Metabolomic profile and discrimination of white quinoa seeds from Peru based on UHPLC-HRMS and multivariate analysis. J Cereal Sci [Internet]. septiembre de 2021 [citado 2 de septiembre de 2023]; 101:103307. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103307>
 42. Chua LS, Lau CH, Chew CY, Dawood DAS. Solvent Fractionation and Acetone Precipitation for Crude Saponins from *Eurycoma longifolia* Extract. Molecules [Internet]. 10 de abril de 2019 [citado 1 de septiembre de 2023];24(7). Disponible en: [/pmc/articles/PMC6480193/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3480193/)
 43. López T. Saponósidos. Offarm [Internet]. 1 de junio de 2001 [citado 1 de septiembre de 2023];20(6):124-9. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-saponosidos-13015492>
 44. Gómez-Caravaca A, Iafelice G, Lavini A, Pulvento C, Caboni M, Marconi E. Phenolic Compounds and Saponins in Quinoa Samples (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown under Different Saline and Nonsaline Irrigation Regimens. J Agric Food Chem. 9 de mayo de 2012;60(18):4620-7.
 45. Zhang Y, Bai B, Yan Y, Liang J, Guan X. Bound Polyphenols from Red Quinoa Prevailed over Free Polyphenols in Reducing Postprandial Blood Glucose Rises by Inhibiting α -Glucosidase Activity and Starch Digestion. Nutrients [Internet]. 9 de febrero de 2022 [citado 2 de septiembre de 2023];14(4):728. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu14040728>
 46. Qian G, Li X, Zhang H, Zhang H, Zhou J, Ma X, et al. Metabolomics analysis reveals the accumulation patterns of flavonoids and phenolic acids in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grains of different colors. Food Chem X

- [Internet]. marzo de 2023 [citado 22 de diciembre de 2023]; 17:100594. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100594>
47. Kuljanabhadgavad T, Wink M. Biological activities and chemistry of saponins from Willd. *Phytochemistry Reviews* [Internet]. 18 de junio de 2009 [citado 2 de septiembre de 2023];8(2):473-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11101-009-9121-0>
 48. 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* [Internet]. 1 de noviembre de 2021 [citado 11 de agosto de 2023];10(11):2417. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/11/2417/htm>
 49. Valencia Z, Cárma F, Ccapa K, Catacora P, Quispe F. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.) [Internet]. *Rev. Soc. Química. Perú.* 2017 [citado 2 de septiembre de 2023]. p. 83-1. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000100003
 50. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura - FAO. State of the art report on quinoa around the world in 2013. 1.ª ed. Vol. 1. Roma - Italia: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe; 2015.
 51. Mora-Ocación MS, Morillo-Coronado ACruz, Manjarres-Hernández EHelena. Extraction and Quantification of Saponins in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes from Colombia. *Int J Food Sci* [Internet]. 28 de febrero de 2022 [citado 26 de septiembre de 2023]; 2022:1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2022/7287487>
 52. Subieta Chinchilla C, Quiroga Ledezma C, Escalera Vásquez R, Arteaga Weill L. Recovery of solid waste with a high content of saponins from the dry desaponification process of bitter quinoa seeds, via a spouted bed (LFTS). *Investigación & Desarrollo* [Internet]. 31 de julio de 2011 [citado 26 de septiembre de 2023];11(1):96-112. Disponible en: <https://www.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/view/64>
 53. Amini E, Nabiuni M, Baharara J, Parivar K, Asili J. Hemolytic and cytotoxic effects of saponin like compounds isolated from Persian Gulf brittle star (*Ophiocoma erinaceus*). *Journal of Coastal Life Medicine* [Internet]. 30 de junio de 2014 [citado 6 de enero de 2024]; Disponible en: [Structure-ActivityRelationshipsofHaemolyticSaponins](#)
 54. Voutquenne L, Lavaud C, Massiot G, Men-Olivier L Le. Structure-Activity Relationships of Haemolytic Saponins. *Pharm Biol* [Internet]. 29 de enero de 2002 [citado 6 de enero de 2024];40(4):253-62. Disponible en: <https://doi.org/10.1076/phbi.40.4.253.8470>

55. Zhu N, Sheng S, Sang S, Jhoo JW, Bai N, Karwe M V., et al. Triterpene Saponins from Debittered Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Seeds. *J Agric Food Chem*. 1 de febrero de 2002;50(4):865-7.
56. Mizui F, Kasai R, Ohtani K, Tanaka O. Saponins from bran of Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd. II. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* [Internet]. 1990 [citado 29 de septiembre de 2023];38(2):375-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1248/cpb.38.375>
57. Lin X, Zhou Q, Zhou L, Sun Y, Han X, Cheng X, et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Bran Saponins Alleviate Hyperuricemia and Inhibit Renal Injury by Regulating the PI3K/AKT/NFκB Signaling Pathway and Uric Acid Transport. *J Agric Food Chem* [Internet]. 3 de mayo de 2023 [citado 29 de septiembre de 2023];71(17):6635-49. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00088>
58. Vo NNQ, Fukushima EO, Muranaka T. Structure and hemolytic activity relationships of triterpenoid saponins and sapogenins. *J Nat Med* [Internet]. 4 de enero de 2017 [citado 29 de septiembre de 2023];71(1):50-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11418-016-1026-9>
59. Bissinger R, Modicano P, Alzoubi K, Honisch S, Faggio C, Abed M, et al. Effect of saponin on erythrocytes. *Int J Hematol* [Internet]. 13 de julio de 2014 [citado 26 de septiembre de 2023];100(1):51-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12185-014-1605-z>
60. Carbajal M. Comportamiento de once variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de Costa Central - La Molina [Internet] [Tesis de pregrado]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2019 [citado 28 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3882>
61. Campos M, Guerrero J. Aprovechamiento de saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa*) para obtención de plaguicida orgánico y aplicación en *Eurysacca Melanocampta* (polilla de quinua) [Internet] [Tesis de pregrado]. [Lambayeque]: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; 2021 [citado 28 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9405>
62. Pathan S, Siddiqui RA. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients* [Internet]. 27 de enero de 2022 [citado 26 de septiembre de 2023];14(3):558. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu14030558>
63. Jarvis DE, Ho YS, Lightfoot DJ, Schmöckel SM, Li B, Borm TJA, et al. The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature* [Internet]. 16 de febrero de 2017 [citado 26 de septiembre de 2023];542(7641):307-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature21370>
64. Soto M, Allende R, Romero VL. Estudio comparativo en rendimiento y calidad de 12 variedades de quinua orgánica en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasac, Ayacucho. *Revista Campus*, ISSN-e 1812-6049, Vol 25, N° 29, 2020 (Ejemplar dedicado a: Campus XXIX), págs 57-

- 65 [Internet]. 2020 [citado 28 de septiembre de 2023];25(29):57-65. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8625470&info=resumen&idioma=SPA>
65. Mori A. Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), mediante el riego por goteo. [Internet] [Tesis de pregrado]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2015 [citado 28 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1850>
66. Martínez EA, Veas E, Jorquera C, San Martín R, Jara P. Re-Introduction of Quínoa into Arid Chile: Cultivation of Two Lowland Races under Extremely Low Irrigation. *J Agron Crop Sci* [Internet]. febrero de 2009 [citado 28 de septiembre de 2023];195(1):1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00332.x>
67. García-Parra MÁ, Plazas-Leguizamón NZ, Carvajal Rodríguez DC, Ferreira Torrado SC, Parra JD. Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en relación con el suelo y el clima: Una revisión. *Informador Técnico* [Internet]. 28 de septiembre de 2018 [citado 20 de agosto de 2023];82(2):241. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/22565035.1451>
68. Ponce de León Saavedra P, Valdez-Arana J del C. Nutritional and functional evaluation of 17 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) accessions cultivated in the Andean area of Peru. *Scientia Agropecuaria*. 15 de marzo de 2021;12(1):15-23.
69. Graf BL, Rojas-Silva P, Rojo LE, Delatorre-Herrera J, Baldeón ME, Raskin I. Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Compr Rev Food Sci Food Saf* [Internet]. julio de 2015 [citado 30 de septiembre de 2023];14(4):431-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12135>
70. Augustin JM, Drok S, Shinoda T, Sanmiya K, Nielsen JK, Khakimov B, et al. UDP-Glycosyltransferases from the UGT73C Subfamily in *Barbarea vulgaris* Catalyze Sapogenin 3- O -Glucosylation in Saponin-Mediated Insect Resistance. *Plant Physiol* [Internet]. 5 de diciembre de 2012 [citado 30 de septiembre de 2023];160(4):1881-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1104/pp.112.202747>
71. Gómez L, Eguiluz A. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinua | SINIA [Internet]. Vol. 1. Perú; 2011 [citado 1 de enero de 2024]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/catalogo-banco-germoplasma-quinua>
72. Yu B, Patterson N, Zaharia LI. Saponin Biosynthesis in Pulses. *Plants* [Internet]. 14 de diciembre de 2022 [citado 24 de diciembre de 2023];11(24):3505. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants11243505>
73. Mizui F, Kasai R, Ohtani K, Tanak O. Saponins from bran of Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd. II. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* [Internet]. 1990

- [citado 31 de diciembre de 2023];38(2):375-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1248/cpb.38.375>
74. Horiuchi K, Shiota S, Hatano T, Yoshida T, Kuroda T, Tsuchiya T. Antimicrobial Activity of Oleanolic Acid from *Salvia officinalis* and Related Compounds on Vancomycin-Resistant Enterococci (VRE). *Biol Pharm Bull* [Internet]. 2007 [citado 31 de diciembre de 2023];30(6):1147-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1248/bpb.30.1147>
 75. Wolska K, Grudniak A, Fiecek B, Kraczkiewicz-Dowjat A, Kurek A. Antibacterial activity of oleanolic and ursolic acids and their derivatives. *Open Life Sci* [Internet]. 1 de octubre de 2010 [citado 31 de diciembre de 2023];5(5):543-53. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/s11535-010-0045-x>
 76. Kashiwada Y, Wang HK, Nagao T, Kitanaka S, Yasuda I, Fujioka T, et al. Anti-AIDS Agents. 30. Anti-HIV Activity of Oleanolic Acid, Pomolic Acid, and Structurally Related Triterpenoids. *J Nat Prod* [Internet]. 1 de septiembre de 1998 [citado 31 de diciembre de 2023];61(9):1090-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/np9800710>
 77. Singh GB, Singh S, Bani S, Gupta BD, Banerjee SK. Anti-inflammatory activity of oleanolic acid in rats and mice. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* [Internet]. 12 de abril de 2011 [citado 31 de diciembre de 2023];44(5):456-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.1992.tb03646.x>
 78. Wang X, Ye X long, Liu R, Chen HL, Bai H, Liang X, et al. Antioxidant activities of oleanolic acid in vitro: Possible role of Nrf2 and MAP kinases. *Chem Biol Interact* [Internet]. marzo de 2010 [citado 31 de diciembre de 2023];184(3):328-37. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2010.01.034>
 79. Rajasekaran M, Bapna JS, Lakshmanan S, Ramachandran Nair AG, Veliath AJ, Panchanadam M. Antifertility effect in male rats of oleanolic acid, a triterpene from *Eugenia jambolana* flowers. *J Ethnopharmacol* [Internet]. septiembre de 1988 [citado 31 de diciembre de 2023];24(1):115-21. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(88\)90142-0](https://doi.org/10.1016/0378-8741(88)90142-0)
 80. Petronelli A, Pannitteri G, Testa U. Triterpenoids as new promising anticancer drugs. *Anticancer Drugs* [Internet]. noviembre de 2009 [citado 31 de diciembre de 2023];20(10):880-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/cad.0b013e328330fd90>
 81. Dzubak P, Hajduch M, Vydra D, Hustova A, Kvasnica M, Biedermann D, et al. Pharmacological activities of natural triterpenoids and their therapeutic implications. *Nat Prod Rep* [Internet]. 2006 [citado 31 de diciembre de 2023];23(3):394. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/b515312n>
 82. Facino RM, Carini M, Stefani R, Aldini G, Saibene L. Anti-Elastase and Anti-Hyaluronidase Activities of Saponins and Sapogenins from *Hedera helix*, *Aesculus hippocastanum*, and *Ruscus aculeatus*: Factors Contributing to

- their Efficacy in the Treatment of Venous Insufficiency. Arch Pharm (Weinheim). 22 de enero de 1995;328(10):720-4.
83. Burnouf-Radosevich M, Delfel NE, England R. Gas chromatography-mass spectrometry of oleanane- and ursane-type triterpenes-application to *Chenopodium quinoa* triterpenes. Phytochemistry [Internet]. enero de 1985 [citado 31 de diciembre de 2023];24(9):2063-6. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)83122-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83122-2)
 84. Lee KT, Sohn IC, Park HJ, Kim DW, Jung GO, Park KY. Essential Moiety for Antimutagenic and Cytotoxic Activity of Hederagenin Monodesmosides and Bisdesmosides Isolated from the Stem Bark of *Kalopanax pictus*. Planta Med [Internet]. 31 de diciembre de 2000 [citado 31 de diciembre de 2023];66(04):329-32. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-2000-8539>
 85. Park H, Kwon S, Lee J, Lee K, Miyamoto K, Lee K. Kalopanaxsaponin A is a Basic Saponin Structure for the Anti-Tumor Activity of Hederagenin Monodesmosides. Planta Med [Internet]. 2001 [citado 31 de diciembre de 2023];67(2):118-21. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/s-2001-11516>
 86. Voutquenne L, Lavaud C, Massiot G, Men-Olivier L Le. Structure-Activity Relationships of Haemolytic Saponins. Pharm Biol [Internet]. 29 de enero de 2002 [citado 31 de diciembre de 2023];40(4):253-62. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1076/phbi.40.4.253.8470>
 87. Lee SJ, Shin EJ, Son KH, Chang HW, Kang SS, Kim HP. Anti-inflammatory activity of the major constituents of *Lonicera japonica*. Arch Pharm Res [Internet]. abril de 1995 [citado 31 de diciembre de 2023];18(2):133. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02979147>
 88. Houghton P, Patel N, Jurzysta M, Biely Z, Cheung C. Antidermatophyte activity of medicago extracts and contained saponins and their structure-activity relationships. Phytotherapy Research [Internet]. diciembre de 2006 [citado 31 de diciembre de 2023];20(12):1061-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ptr.1995>
 89. He W, Van Puyvelde L, Maes L, Bosselaers J, De Kimpe N. Antitrichomonas *In Vitro* Activity of *Cussonia Holstii* Engl. Nat Prod Res [Internet]. enero de 2003 [citado 31 de diciembre de 2023];17(2):127-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1478641031000103713>
 90. Liu BXZ, Zhou JY, Li Y, Zou X, Wu J, Gu JF, et al. Hederagenin from the leaves of ivy (*Hedera helix* L.) induces apoptosis in human LoVo colon cells through the mitochondrial pathway. BMC Complement Altern Med. 24 de diciembre de 2014;14(1):412.
 91. Kuljanabhadgavad T, Thongphasuk P, Chamulitrat W, Wink M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. Phytochemistry [Internet]. junio de 2008 [citado 31 de diciembre de 2023];69(9):1919-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.03.001>
 92. Lozano M, Gonzales E, Flores Y, Almanza GR. Effect in acute inflammation of saponin extract and isolated saponins from quinoa waste

(*Chenopodium quinoa* Willd). Revista Boliviana de Química [Internet]. 2013 [citado 31 de diciembre de 2023];30(2):115-21. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602013000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de identificación botánica.

CONSTANCIA

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

Que, la Bach. en Farmacia y Bioquímica, Srta. **Monica Andrea, CCAHUIN LOPE**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

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

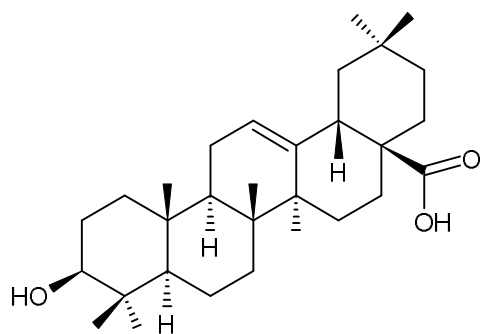
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	CARYOPHYLLIDAE
ORDEN	:	CARYOPHYLLALES
FAMILIA	:	CHENOPODIACEAE
GENERO	:	Chenopodium
ESPECIE	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.
N.V.	:	"quinua"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

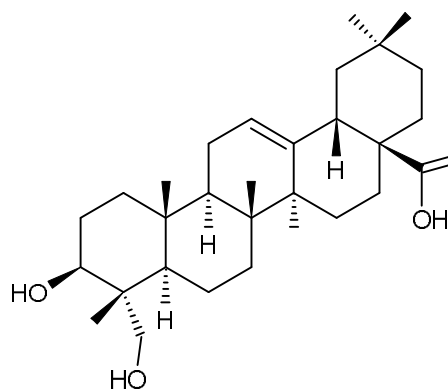
Ayacucho, 21 de Diciembre del 2 022


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

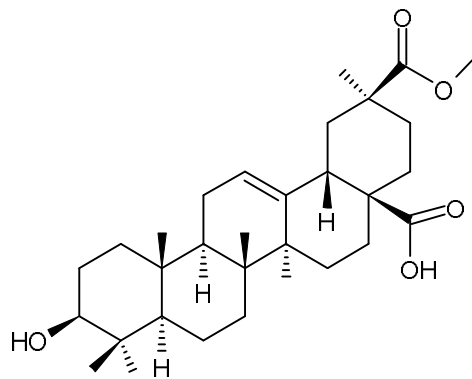
Anexo 2. Estructuras moleculares de las saponinas presentes en *C. quinua* Willd "quinua".²¹



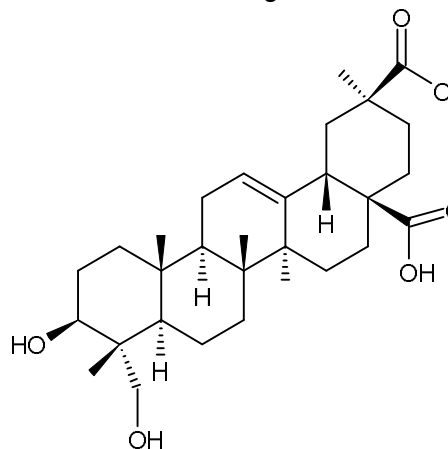
Ácido oleanólico



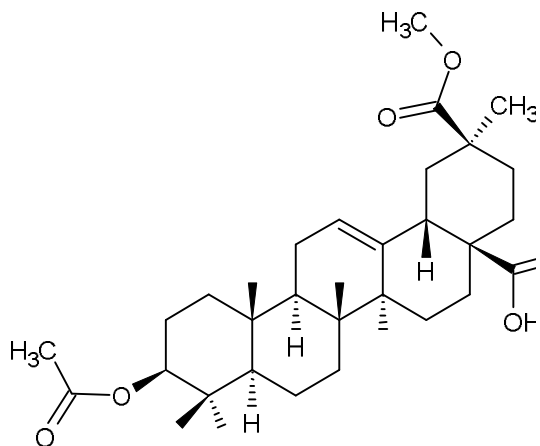
Ácido hederagenina



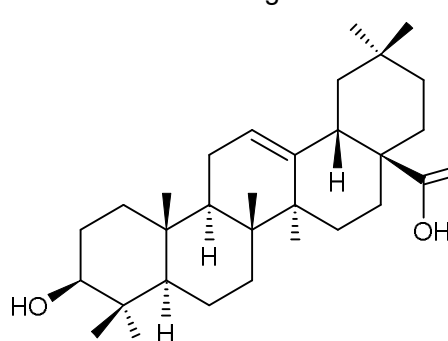
Ácido serjánico



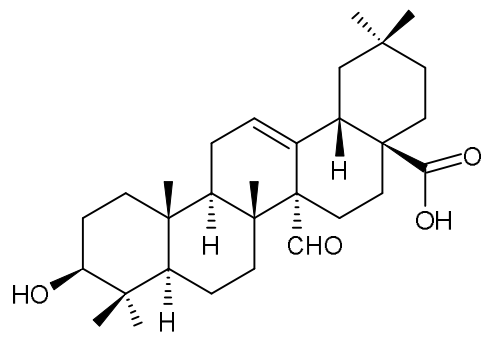
Ácido fitolacagénico



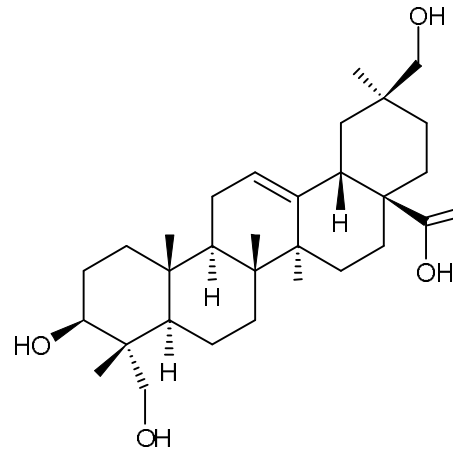
Ácido espergulagénico



Gipsogenina



ácido 3 β - hidroxí - 27 - oxo - olean -
12 - en - 28 - oico

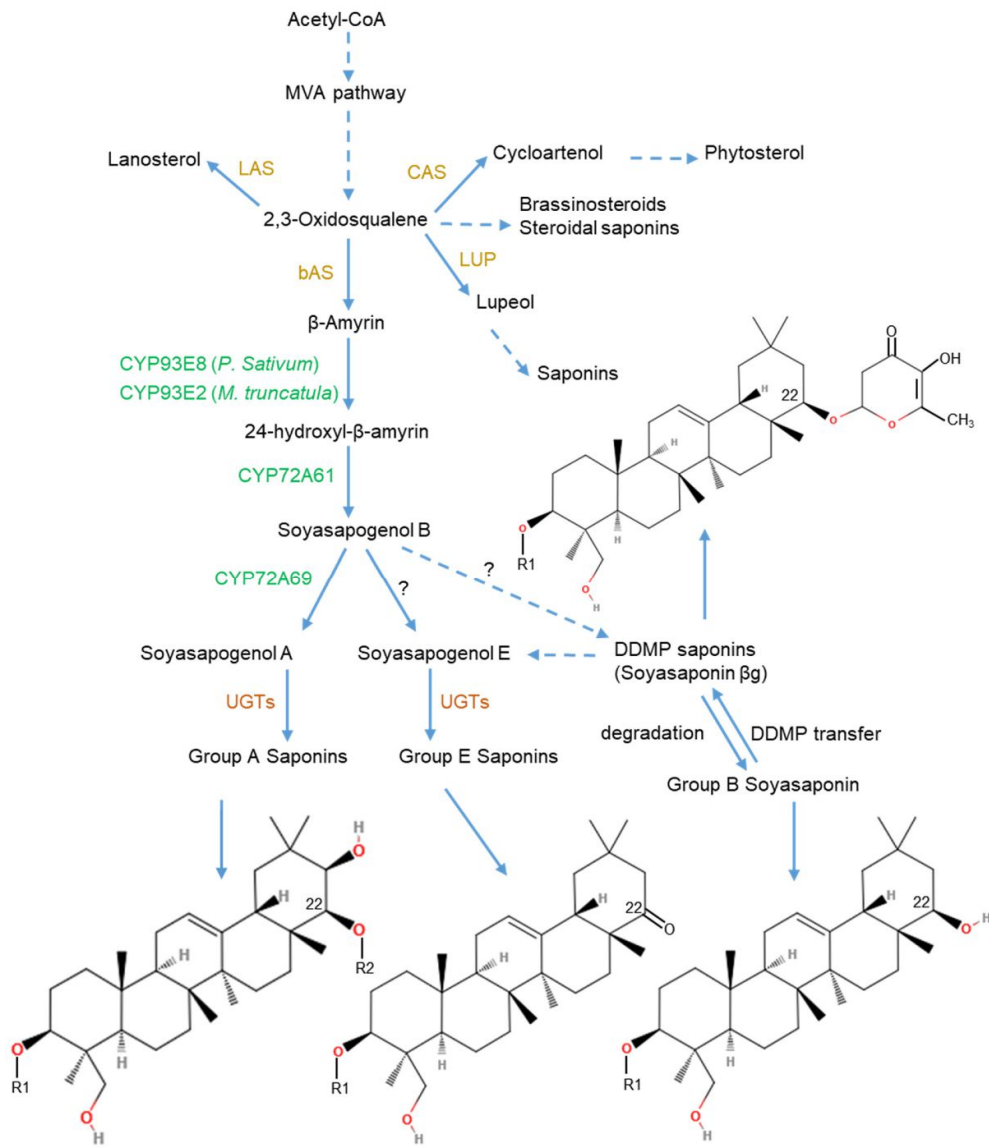


ácido 3 β , 23 α , 30 β - trihidroxí -
olean - 12 - en - 28 - oico

Anexo 3. Clasificación agroecológica del contenido de saponinas según la altitud de variedades de *C. quinoa* "quinua".⁷¹

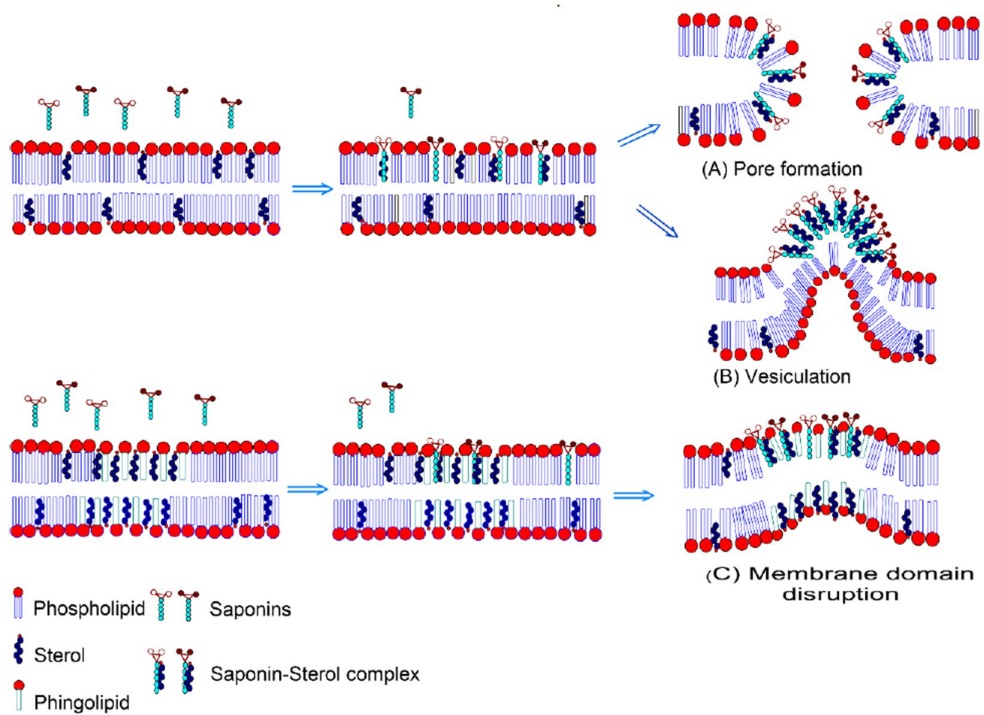
Clasificación	Ubicación	Contenido de saponinas	Variedades
Quinuas del valle	Parte central y norte del Perú, son plantas 2 a 4m altura y ciclo vegetativo de 7 meses	Generalmente se consideran como quinuas semidulces o de contenido bajo de saponina	Blanca Junín, rosada de Junín, Amarillo marangani, Dulce de Quitopampa y dulce de lazo
Quinuas del altiplano	De la rea circundante de lao Titicaca. Se cultivan de los 4000 m.s.n.m. las plantas son de 1 a 1.8m de altura, ciclo vegetativo 4 a 7 meses	Generalmente son quinuas amargas o de contenido alto de saponina	<i>C. hewecca</i> , Kanccolla y blanca de Juli
Quinoa de los salares	Procedentes de la zona de salares bolivianos, a una altitud de 4000 m.s.n.m. las plantas crecen en un PH cercano a 8 y la mayoría tienen granos grandes.	Con alto contenido de saponina y bordes filosos. E las otras características son semejantes a las de la quina del altiplano	Real y un progenitor de sajama
Quinuas del nivel del mar	Del sur de Chile. Crecen a 40 L.S. de 2m. alturas no ramificadas mayormente y florecen en de largos. Su semilla es pequeña, amarilla y transparente	Con alto contenido de saponinas	quechuco
Quinuas subtropicales	Existe un tipo subtropical en las yungas, de color verde intenso que se torna de naranja en la madurez y producen semillas muy pequeñas de color naranja.	No existe descripción	No existen variedades descritas

Anexo 4. Biosíntesis de saponinas.⁷²



Leyenda: MVA: mevalonato, bAS: β-amirina sintasa; CAS: cicloartenol sintasa; LAS: lanosterol sintasa; LUP: lupeol sintasa; UGT: glicosiltransferasas dependientes de uridina difosfato (UDP)

Anexo 5. Mecanismo molecular de la actividad hemolítica de las saponinas sobre la membrana celular.³⁶



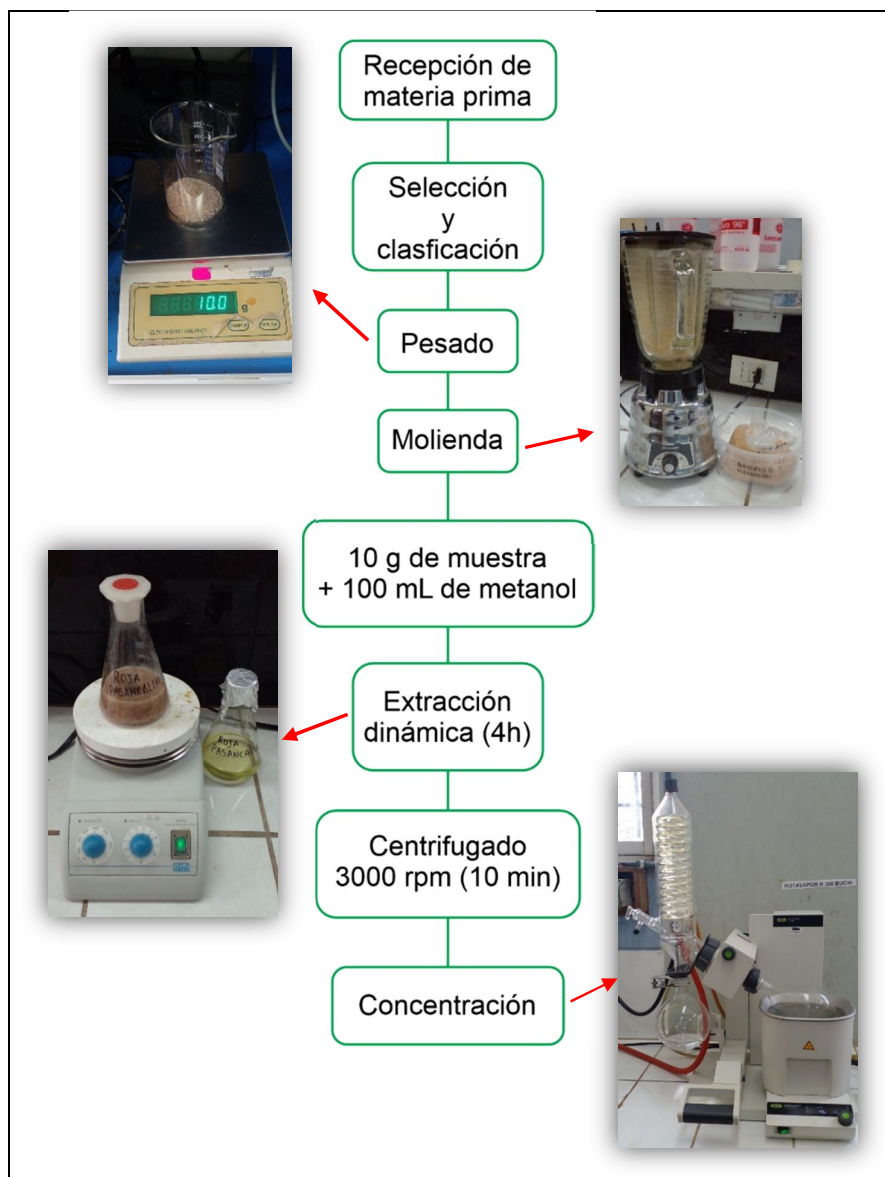
Anexo 6. Ubicación y actividad biológica de las principales sapogeninas presentes en la quinua.

Sapogenina	Ubicación	Ref.	Actividad biológica	Ref.
Ácido oleanólico	Semillas y salvado	73	Antimicrobiana	74,75
			Antiviral (anti-VIH)	76
			Antiinflamatoria	77
			Antioxidante	78
			Antifertilidad	79
			Antitumoral	80,81
Hederagenina	Semillas y salvado	56,83	Inhibidor de la enzima serina proteasa y la elastasa pancreática porcina.	82
			Inhibidor de la enzima serina proteasa y la elastasa pancreática porcina.	82
			Actividad citotóxica en linfoma de ratón P-388, leucemia linfomática de ratón L-1210, leucemia promielocítica humana HL-60 y células de cáncer de estómago humano SNU-5	84,85
			Hemolítica	86
			Antiinflamatoria	87
			Antidermatofítica	88
Antitricomonas	89			
			Inducción de apoptosis en células de colon LoVo humano	90
Ácido serjánico	Flores, frutos, semillas y salvado	73,91	Citotóxico en línea celular HeLa	73,91
Ácido fitolacagénico	Salvado	73	Antiinflamatorio	92

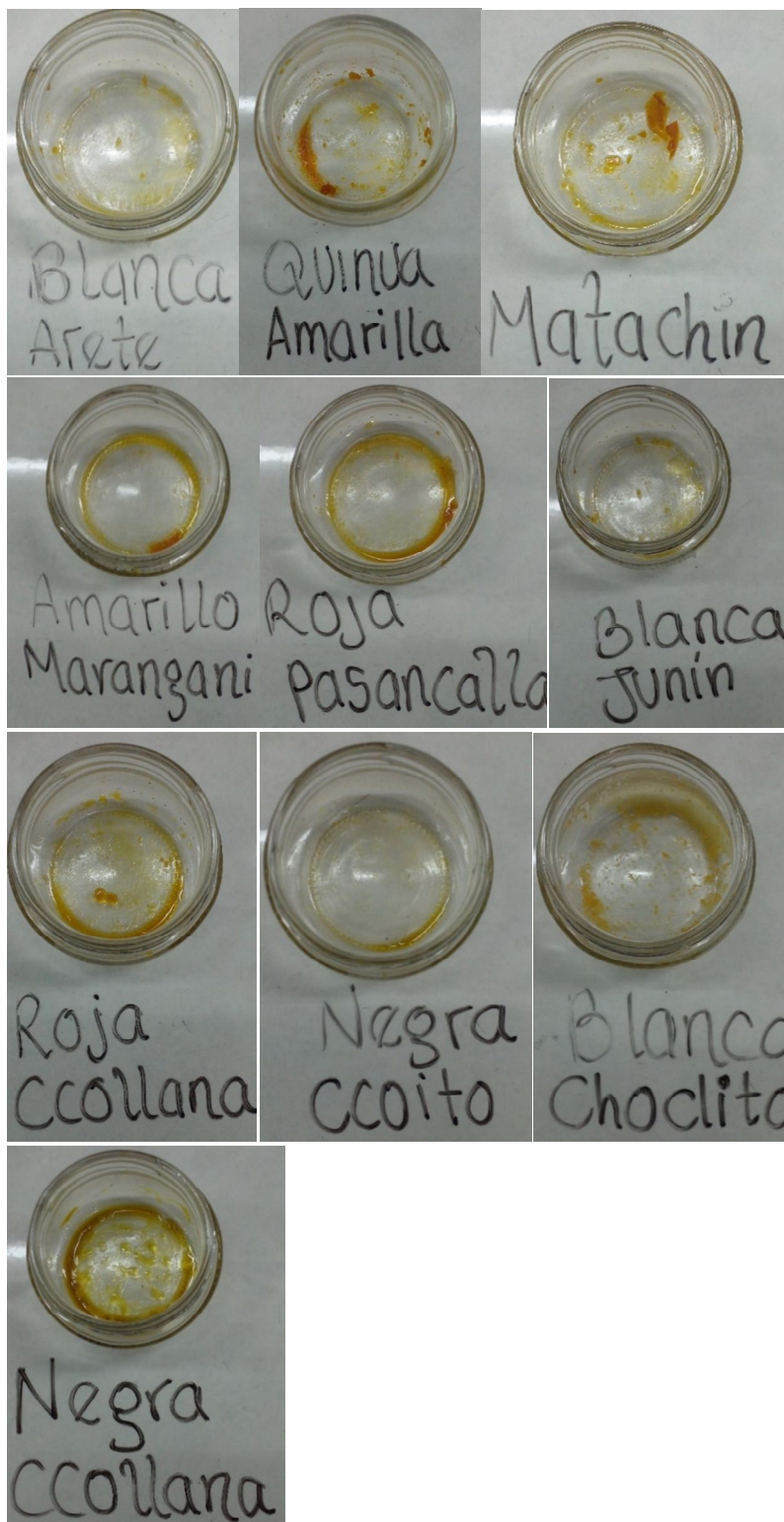
Anexo 7. Variedades de semillas.



Anexo 8. Flujograma de obtención del extracto metanólico.



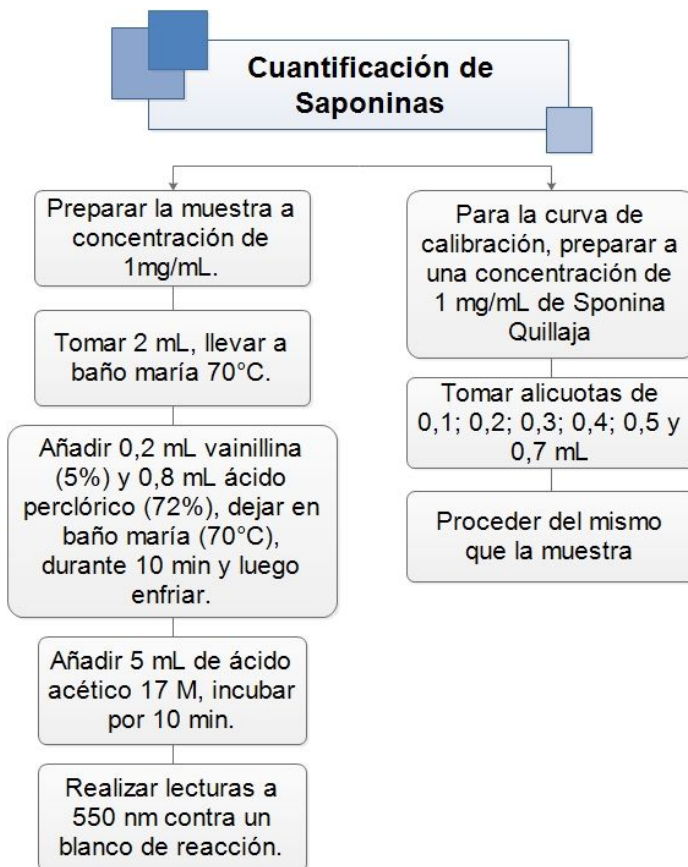
Anexo 9. Extractos metanólicos obtenidos de las semillas



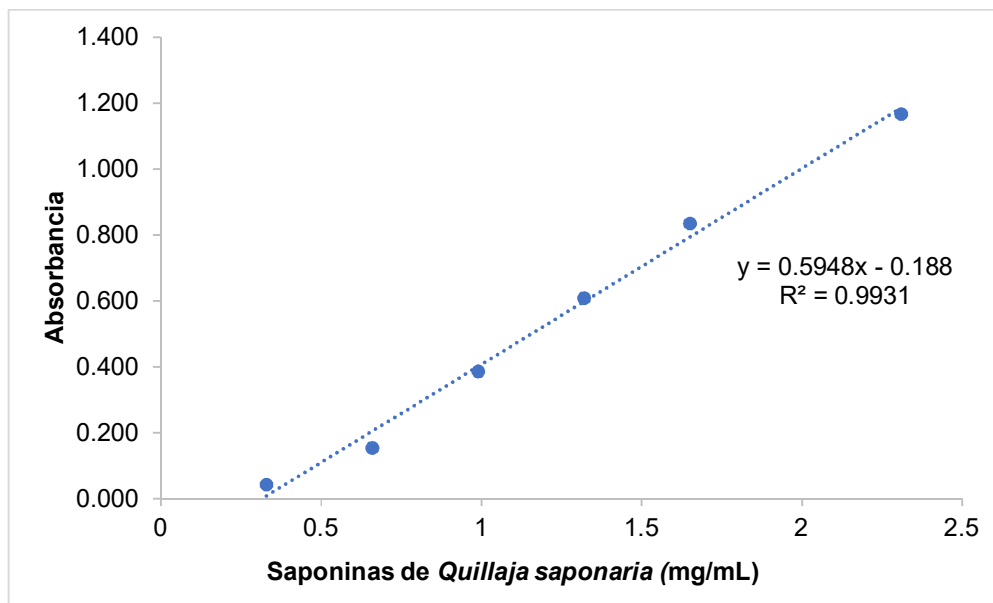
Anexo 10. Ensayos del tamizaje fitoquímico según Miranda y Cuellar³⁹.

Ensayo	Metabolito secundario	Reactivos	Resultados
Cloruro férrico	Fenoles	2mL de muestra + 3 gotas cloruro férrico	Azul oscuro (fenoles) Verde – intenso (taninos pirocatecólicos)
Shinoda	Flavonoides	2mL de muestra + 4 gotas de HCl + pedazo de Mg.	Coloración amarillo, naranja, carmelita o rojo.
Benedict	Azúcares reductores	2mL de muestra + 4 gotas de solución Benedict en baño maría.	Coloración naranja
Ninhidrina	Grupos amino o aminoácidos libres	2mL de muestra + 2mL de ninhidrina al 2 % en baño maría	Color azul violáceo.
Lieberman – Burchard	Triterpenos y/o esteroides	2mL de muestra + 1mL de anhídrido acético + gotas de ácido sulfúrico	Rojo – rosado (triterpenos) Verde – azulado (esteroides)
Kedde	Cardenólidos	2 mL de muestra + 1 mL de ácido 3,5 – dinitrobenzoico + 1 mL de hidróxido de potasio 5,7 %	Coloración violácea
Baljet	Lactonas y/o cumarinas	2 mL de muestra + 1 mL de ácido pícrico 2 % + 1 mL de hidróxido de sodio 10 %	Coloración roja
Espuma	Saponinas	2mL de muestra + 10 mL agua destilada	Presencia de espuma que perdura más de 10 minutos
Gelatina	Taninos	2 mL de muestra + 2 mL de solución de gelatina 1 %	Presencia de precipitado
Mayer	Alcaloides	2mL de muestra + HCl + reactivo de Mayer	Presencia de opalescencia blanco – cremoso.

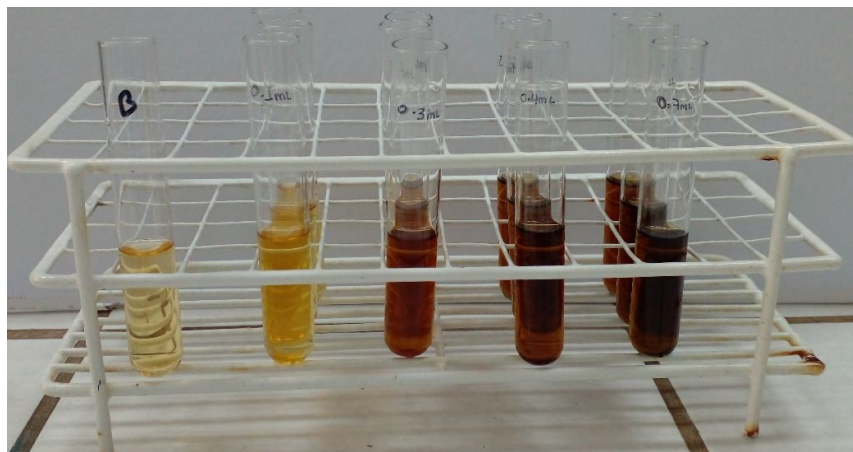
Anexo 11. Flujograma para la determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico.



Anexo 12. Curva de calibración en la cuantificación del contenido de saponinas de acuerdo a la técnica colorimétrica.



Anexo 13. Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método de colorimétrico.



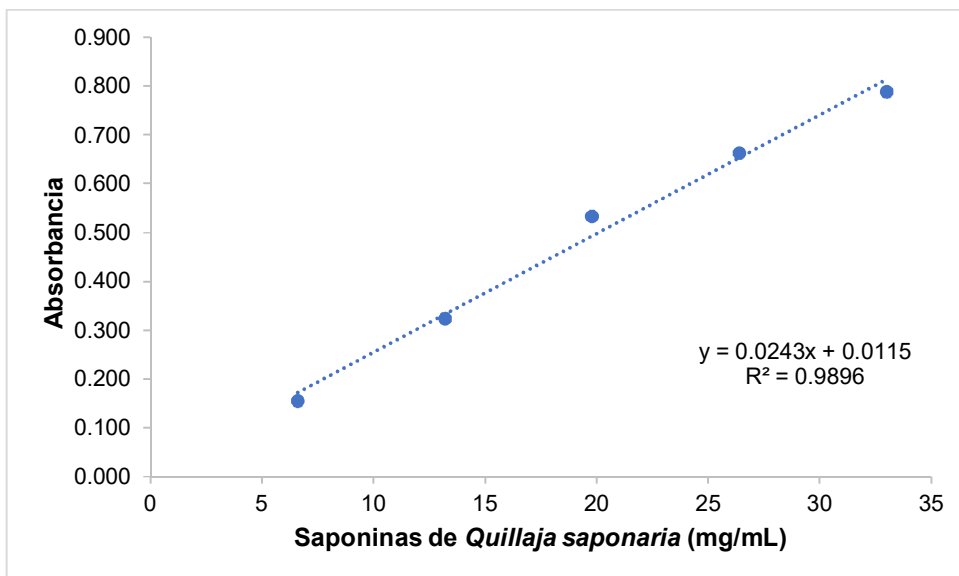
Anexo 14. Determinación del contenido de saponinas por el método colorimétrico en las muestras.



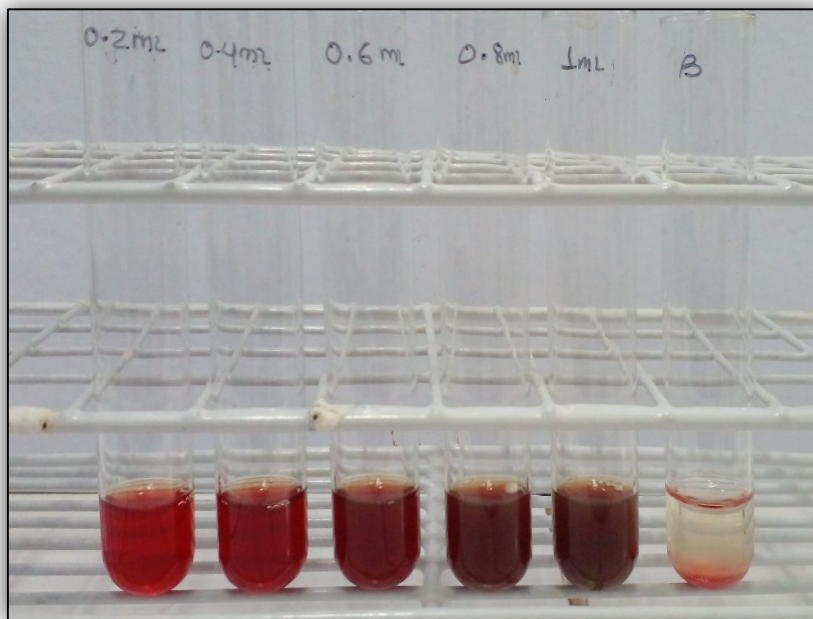
Anexo 15. Protocolo para determinar el contenido de saponinas por el método hemolítico.

Paso	Procedimiento	
1	Colectar muestra de sangre de la vena cubital de un voluntario sano	
2	Mezclar con la solución Alsever con igual volumen	
3	Centrifugar a 3000 rpm durante 10 minutos	
4	Realizar el lavado del paquete celular por triplicado con solución salina isotónica	
5	Preparar una suspensión de glóbulos rojos al 3,0 % (p/v) en solución salina.	
6	Seguir el siguiente esquema	
	Reactivo	Blanco (mL)
		Muestra/Estándar (mL)
	Solución salina fisiológica (NaCl 0,9 %)	4,0
	Muestra (en suero fisiológico)	0,0
	Suspensión de glóbulos rojos 3,0 % en suero fisiológico (p/v)	2,0
7	Se incubaron (blanco, muestra y estándar) a 25°C durante 4 horas	
8	Centrifugar a 3000 rpm durante 5 minutos	
9	Leer el contenido de hemoglobina en el sobrenadante a 650 nm	

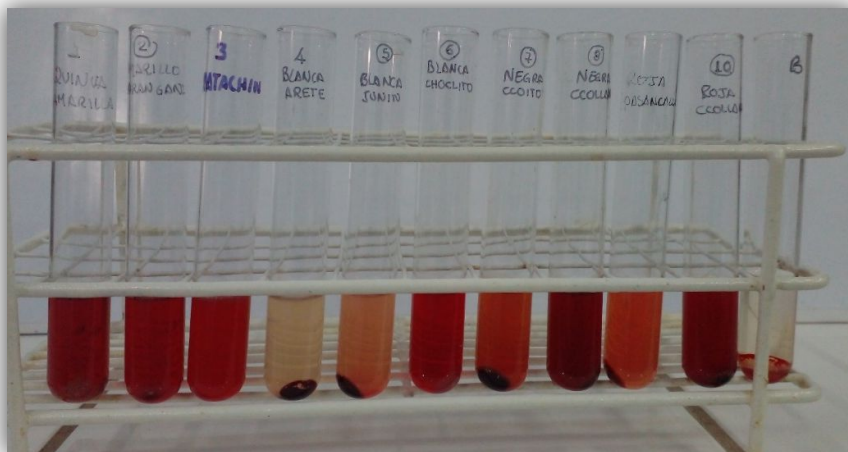
Anexo 16. Curva de calibración para determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.



Anexo 17. Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método hemolítico.



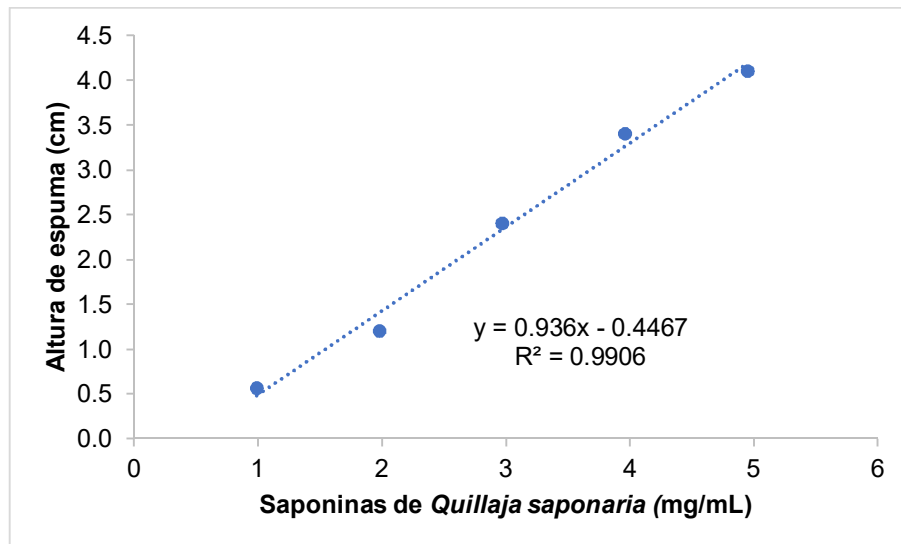
Anexo 18. Determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico en las muestras de semillas.



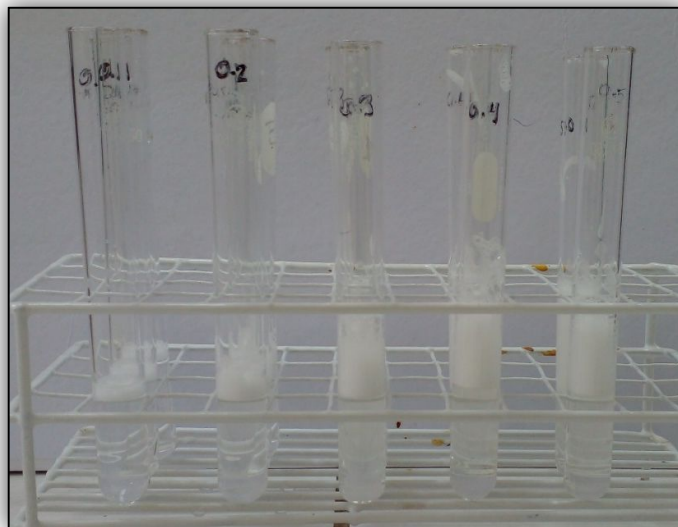
Anexo 19. Protocolo para determinar el contenido de saponinas por el método espuma.

Paso	Procedimiento	
1	Se prepara las muestras a una concentración de 10mg/ml en agua destilada	
2	Seguir el siguiente esquema	
	Reactivo	Blanco (mL)
		Muestra/Estándar (mL)
	Agua destilada	2,5
	Muestra (en agua destilada)	0,0
3	Se mezcló y luego agitó el tubo durante un minuto vigorosamente	
4	Se midió la altura de la espuma formada. Se realizó por triplicado para cada variedad de quinua	
5	Realizo por tres repeticiones	

Anexo 20. Curva de calibración para la determinación del contenido de saponinas por el método espuma.



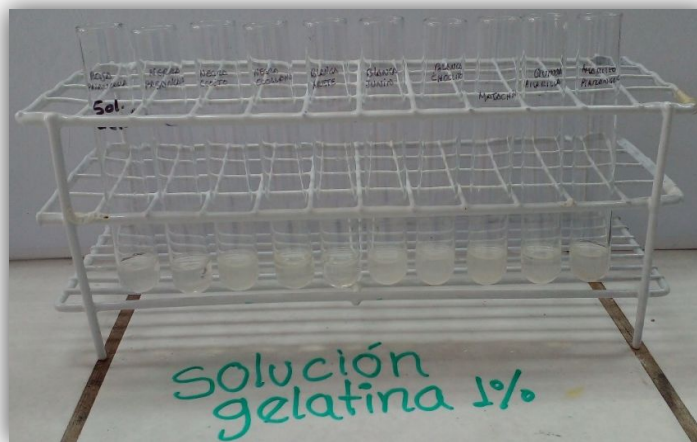
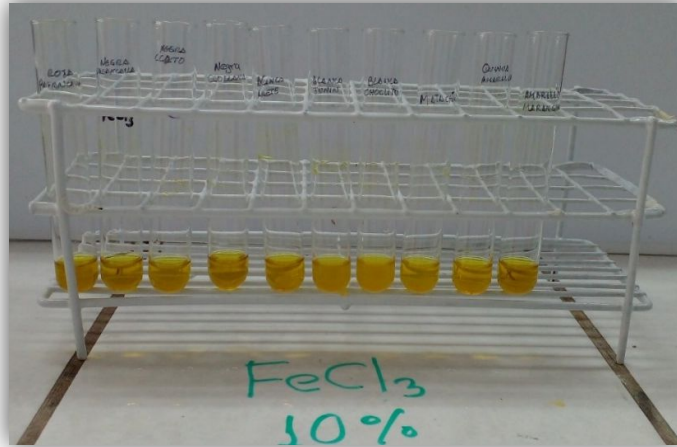
Anexo 21. Procedimiento para la determinación de la curva de calibración del contenido de saponinas por el método de espuma.



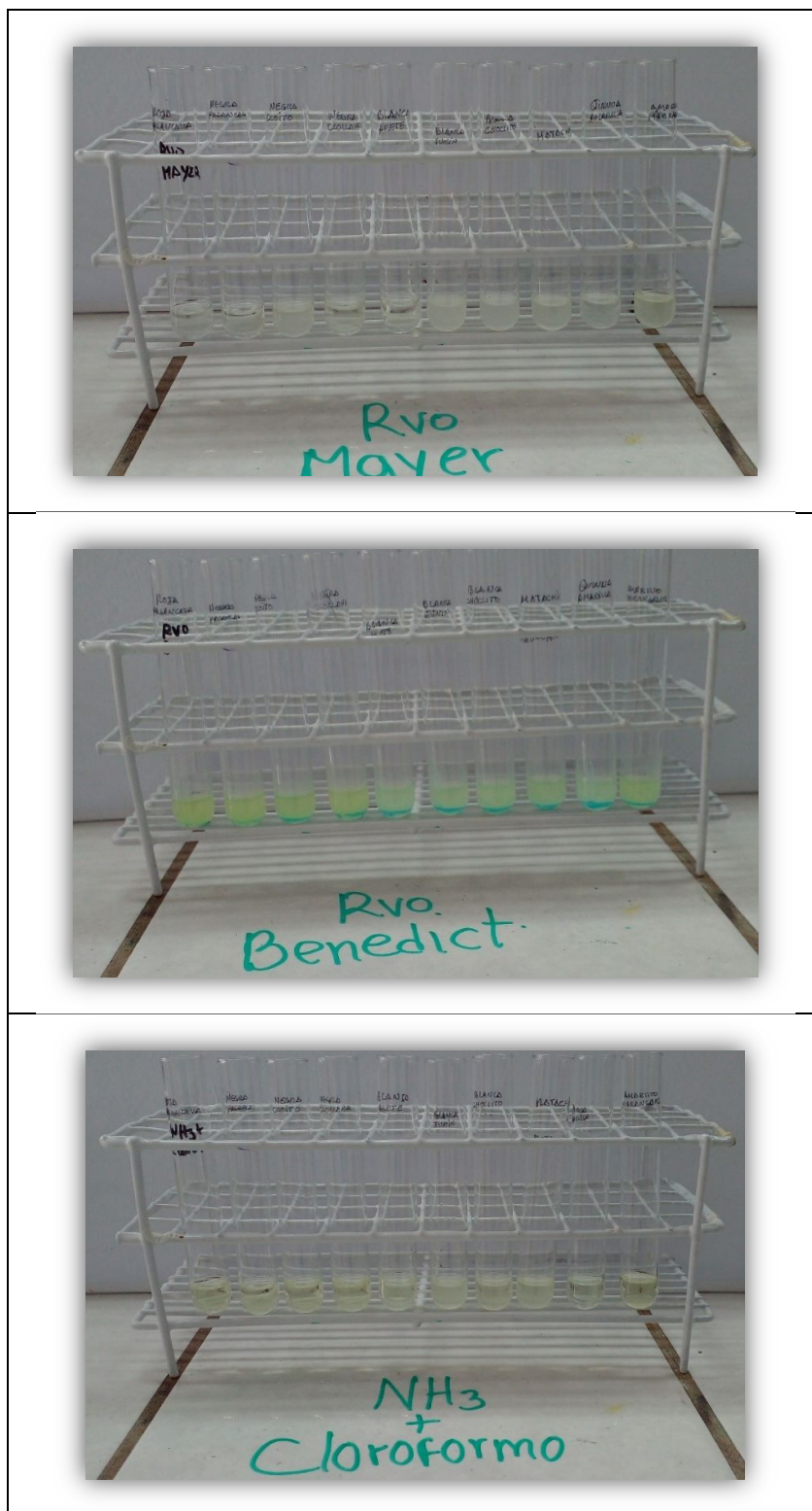
Anexo 22. Determinación de contenidos de saponinas por el método de la espuma en las muestras de semillas.



Anexo 23. Identificación de fenoles, flavonoides y fenoles.



Anexo 24. Identificación de alcaloides, azúcares reductores y quinonas



Anexo 25. Contenido de saponinas por los métodos colorimétrico, hemolítico y de espuma de las diez variedades de “quinua”

Variedad	Contenido de saponinas (mg ESQS/g de extracto)		
	Colorimétrico	Hemolítico	Espuma
QA	0,52 ± 0,01 ^{c, d}	12,11 ± 0,52 ^{c, d}	1,08 ± 0,06 ^b
AM	0,74 ± 0,02 ^e	13,72 ± 2,20 ^{c, d, e}	1,52 ± 0,12 ^c
Ma	0,72 ± 0,03 ^e	16,14 ± 1,49 ^{d, e, f}	1,16 ± 0,06 ^b
BA	0,55 ± 0,01 ^d	12,20 ± 0,50 ^{c, d}	0,63 ± 0,06 ^a
BJ	0,66 ± 0,02 ^e	9,25 ± 2,32 ^{b, c}	0,65 ± 0,06 ^a
BCh	0,77 ± 0,02 ^e	6,10 ± 0,56 ^{a, b}	1,01 ± 0,08 ^b
RCc	0,49 ± 0,01 ^{b, c}	19,38 ± 1,05 ^{f, g}	0,71 ± 0,12 ^a
RP	0,47 ± 0,01 ^{a, b}	17,99 ± 1,48 ^{e, f}	0,63 ± 0,06 ^a
NCc	0,45 ± 0,01 ^a	23,37 ± 0,14 ^g	0,65 ± 0,06 ^a
NC	0,47 ± 0,01 ^{a, b}	3,20 ± 0,19 ^a	0,69 ± 0,08 ^a

Leyenda: QA: Quinoa amarilla; AM: Amarilla Marangani; Ma: Matachin; BA: Blanca arete; BJ: Blanca Junín; BCh: Blanca choclito; RCc: Roja ccollana; RP: Roja pasankalla; NCc: Negra ccollana; NCo: negra ccoito.

* ANOVA: $\rho < 0,05$

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

Anexo 26. Análisis de varianza (ANOVA), del contenido de saponinas por el método colorimétrico.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Saponinas	Entre grupos	0,717	9	0,080	298,125	0,000
	Dentro de grupos	0,011	40	0,000		
	Total	0,728	49			

Anexo 27. Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé del contenido saponinas por el método colorimétrico.

Saponinas							
Scheffe ^a							
Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		a	b	c	d	e	f
NCc	5	0,45					
NCo	5	0,47	0,47				
RP	5	0,47	0,47				
RCc	5		0,49	0,49			
QA	5			0,52	0,52		
BA	5				0,55		
BJ	5					0,66	
Ma	5						0,72
AM	5						0,74
BCh	5						0,77
Sig.		0,850	0,774	0,447	0,843	1,000	0,061

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Anexo 28. Análisis de varianza (ANOVA) de la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.

ANOVA

Método hemolítico					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1023,995	9	113,777	68,450	,000
Dentro de grupos	33,244	20	1,662		
Total	1057,238	29			

Anexo 29. Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé de la determinación del contenido de saponinas por el método hemolítico.

Método hemolítico

Scheffe ^a								
Variedad	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		a	b	c	d	e	f	g
NCo	3	3,20						
BCh	3	6,10	6,10					
BJ	3		9,25	9,25				
QA	3			12,11	12,11			
BA	3			12,20	12,20			
AM	3			13,72	13,72	13,72		
Ma	3				16,14	16,14	16,14	
RP	3					17,99	17,99	
RCc	3						19,38	19,38
NCc	3							23,37
Sig.		0,589	0,472	0,094	0,173	0,126	0,437	0,183

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 30. Análisis de varianza (ANOVA) de la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.

ANOVA

Método de espuma

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,242	9	0,471	79,321	0,000
Dentro de grupos	0,238	40	0,006		
Total	4,479	49			

Anexo 31. Prueba de comparaciones múltiples de Scheffé de la determinación del contenido de saponinas por el método de espuma.

		Espuma		
Scheffe ^a		Subconjunto para alfa = 0.05		
Variedad	N	a	b	c
RP	5	0,62		
BA	5	0,62		
NCc	5	0,64		
BJ	5	0,66		
NCo	5	0,67		
RCc	5	0,71		
BCh	5		1,01	
QA	5		1,06	
Ma	5		1,17	
AM	5			1,51
Sig.		0,955	0,422	1,000

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Anexo 32. Matriz de consistencia.

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	MARCO TEÓRICO	VARIABLES	METODOLOGÍA
Contenido de saponinas totales en diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua", <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua".	¿Cuál de las variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua", presentará mayor o menor contenido de saponinas totales?	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar el contenido de saponinas en semillas de diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua".</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el tamizaje fitoquímico de los extractos metanólicos. Precisar el contenido de saponinas, por el método colorimétrico. Determinar el contenido de saponinas, por el método hemolítico. Determinar el contenido de saponinas, por el método de espuma. 	<p>H₀: El extracto metanólico de semillas de las diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua" tienen igual contenido de saponinas.</p> <p>H₁: El extracto metanólico de semillas de las diez variedades de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua" no tienen igual contenido de saponinas.</p>	<p>Quinoa: La quinua como fuente de alimento milenario, considerado como uno de los alimentos más completos del reino vegetal, con la presencia balanceada de aminoácidos, vitaminas, etc., mientras que en la parte médica esta especie posee propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas (dolor de muela), desinfectantes (vías urinarias), expectorante, náuseas y constipación</p> <p>Saponinas: Las saponinas como metabolitos secundarios más abundantes de la familia <i>Chenopodiaceae</i>, considerados anti – nutrientes de las plantas <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua", otorgándole el característico amargo a sus granos³¹; estos compuestos constituyen una gran familia de compuestos estructuralmente constituidos por un anillo terpenoide o esteroideal conocido como aglicona o sapogenina, suelen estar sustituidos por oligosacáridos a través del enlace glucosídico³</p>	<p>Variables en estudio</p> <ul style="list-style-type: none"> Extracto metanólico de las diez variedades de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua". Contenido de saponinas por el método colorimétrico (mg ESQS/g por extracto) Contenido de saponinas por el método hemolítico (mg ESQS/g por extracto) Contenido de saponinas por el método de espuma (mg ESQS/g por extracto) 	<p>Tipo de investigación: Básico –Descriptivo</p> <p>Población y Muestra: 100 g de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua"</p> <p>Unidad experimental: Extracto metanólico concentrado de semillas de <i>Chenopodium quinoa</i> Willd "quinua"</p> <p>Análisis estadístico: Los promedios \pm la desviación estándar obtenidos del contenido de saponinas totales, método hemolítico y de espuma, se presentan en forma de figuras y tablas. Las diferencias entre las variedades en cada uno de los ensayos, se determinó utilizando el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba complementaria de Scheffé con un 95% de confianza (p<0,05). En las curvas de calibración se utilizó el análisis de regresión lineal y el coeficiente de variación para determinar su linealidad.</p>

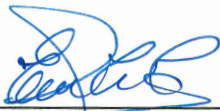
final de diecisiete (17) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 12: 39 de la tarde, se da por concluido el presente acto académico.



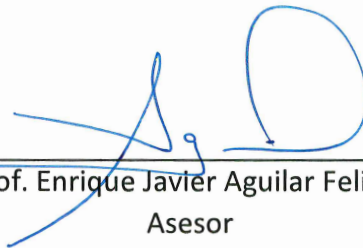
Prof. Edgar Cárdenas Landeo
Jurado 1



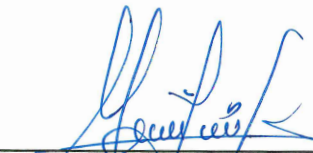
Prof. Roxana León Aronés
Jurado 2



Prof. Edith Eveling Conislla Cáceres
4to Jurado



Prof. Enrique Javier Aguilar Felices
Asesor



Prof. Maricela López Sierralta
Presidente



Prof. Daniel Santiago Chávez
Secretario 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 Monica Andrea, Ccahuin Lope, 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 saponinas totales en diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd "quinua". Ayacucho 2023.", ha alcanzado un índice de similitud de 27 % (veintisiete); 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, 07 de marzo de 2024.



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



UNSCH

FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:
TESIS DE PREGRADO

(C°15-2024-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 saponinas totales en diez variedades de
***Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. Ayacucho 2023.**

PRESENTADO POR: Bach. CCAHUIN LOPE, Monica Andrea

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **28% 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, 12 de marzo 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 saponinas totales en diez variedades de Chenopodium quinoa Willd “quinua”. Ayacucho 2023

by Monica Andrea Ccahuin Lope

Submission date: 12-Mar-2024 09:15PM (UTC-0500)

Submission ID: 2319074337

File name: TESIS_Monica_Andrea_CCAHUIN_LOPE.pdf (4.49M)

Word count: 15873

Character count: 84680

Contenido de saponinas totales en diez variedades de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. Ayacucho 2023

ORIGINALITY REPORT

28%
SIMILARITY INDEX

27%
INTERNET SOURCES

18%
PUBLICATIONS

22%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga **12%**
Student Paper

2 repositorio.unsch.edu.pe **3%**
Internet Source

3 agritrop.cirad.fr **1%**
Internet Source

4 tesis.ucsm.edu.pe **1%**
Internet Source

5 www.mdpi.com **1%**
Internet Source

6 www.upb.edu **1%**
Internet Source

7 dspace.esPOCH.edu.ec **1%**
Internet Source

8 repositorio.unicauca.edu.co:8080 **1%**
Internet Source

hdl.handle.net

9	Internet Source	1%
10	www.frontiersin.org Internet Source	<1%
11	Submitted to centro-editor-pda Student Paper	<1%
12	accesoabierto.uh.cu Internet Source	<1%
13	bmcgenomics.biomedcentral.com Internet Source	<1%
14	link.springer.com Internet Source	<1%
15	repositorio.unifesp.br Internet Source	<1%
16	purl.org Internet Source	<1%
17	homeostasis-nutricion.com Internet Source	<1%
18	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source	<1%
19	d-nb.info Internet Source	<1%
20	revistas.sena.edu.co Internet Source	<1%

21	Submitted to Universidad de Los Llanos, UNILLANOS Student Paper	<1 %
22	issuu.com Internet Source	<1 %
23	bmccomplementmedtherapies.biomedcentral.com Internet Source	<1 %
24	dspace.unitru.edu.pe Internet Source	<1 %
25	www.hindawi.com Internet Source	<1 %
26	ijhs.ut.ac.ir Internet Source	<1 %
27	repositorio.unap.edu.pe Internet Source	<1 %
28	repositorio.unsaac.edu.pe Internet Source	<1 %
29	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet Source	<1 %
30	doku.pub Internet Source	<1 %
31	ouci.dntb.gov.ua Internet Source	<1 %
32	www.tandfonline.com	

Internet Source

<1%

33

koreascience.or.kr

Internet Source

<1%

34

e-biblio.univ-mosta.dz

Internet Source

<1%

35

mafiadoc.com

Internet Source

<1%

36

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov

Internet Source

<1%

37

Chong Yi Ng, Mingfu Wang. " The functional ingredients of quinoa () and physiological effects of consuming quinoa: A review ", Food Frontiers, 2021

Publication

<1%

38

repositorio.chapingo.edu.mx

Internet Source

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 30 words

Exclude bibliography On