

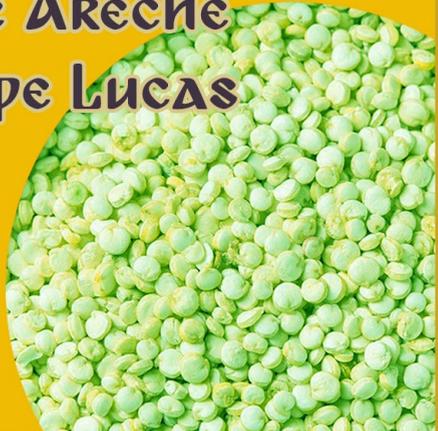
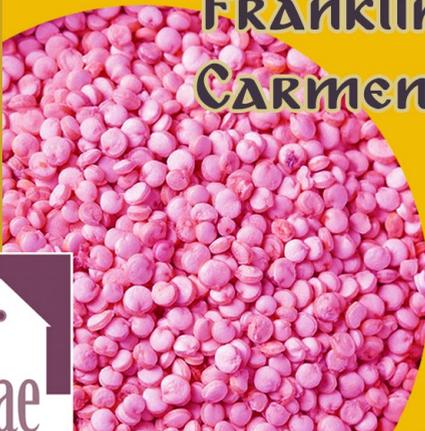


Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua (*Chenopodium Quinoa Willdenow*) para su encapsulamiento

Alfonso Ruiz Rodriguez

Franklin Oré Areche

Carmen Taipei Lucas



Métodos de extracción de
las saponinas en cultivos
de quinua (*Chenopodium
quinoa Willdenow*)
para su encapsulamiento

Métodos de extracción de
las saponinas en cultivos
de quinua (*Chenopodium
quinoa Willdenow*)
para su encapsulamiento

Alfonso Ruiz Rodríguez
Franklin Oré Areche
Carmen Taipe Lucas

Queda prohibida la reproducción por cualquier medio físico o digital de toda o un aparte de esta obra sin permiso expreso del Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–.

Publicación sometida a evaluación de pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación está bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN 978-958-5535-36-7

© ALFONSO RUIZ RODRÍGUEZ, 2020
© FRANKLIN ORÉ ARECHE, 2020
© CARMEN TAIPE LUCAS, 2020
© Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–, 2020
Derechos patrimoniales exclusivos de publicación y distribución de la obra
Cra. 18 # 39A-46, Teusquillo, Bogotá, Colombia
PBX: (571) 232-3705, FAX (571) 323 2181
www.ilae.edu.co

Diseño de carátula y composición: HAROLD RODRÍGUEZ ALBA
Edición electrónica: Editorial Milla Ltda. (571) 702 1144
editorialmilla@telmex.net.co

Editado en Colombia
Published in Colombia

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	13
PREFACIO	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO PRIMERO	
EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA	19
I. Objetivos de la investigación	21
A. Objetivo general	21
B. Objetivos específicos	21
II. Hipótesis	21
A. Hipótesis general	21
B. Hipótesis nula	21
CAPÍTULO SEGUNDO	
ANTECEDENTES TEÓRICOS	23
I. Características de la quinua	24
A. Descripción científica de la quinua	26
B. Descripción de las variedades de quinua	27
II. Nociones de las saponinas	30
A. Estructura de las saponinas	31
B. Toxicología de la saponina	36
C. Uso de la saponina en la industria	37
III. Tecnología de membranas	38
IV. Espectrometría de masas	39
V. Encapsulación	40

CAPÍTULO TERCERO	
METODOLOGÍA	43
I. Tipo de investigación	43
A. Diseño de investigación	44
B. Población y muestra	48
C. Variables	49
D. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
E. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	50
F. Locación de estudio	55
CAPÍTULO CUARTO	
ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
I. Control de peso y calidad de los 20 cultivos de quinua después del despedrado y seleccionado	57
II. Obtención del afrecho polvillo	58
III. Extracción de la saponina	59
IV. Descripción de la saponina obtenida según variedad	60
V. Curva de calibración para el espectrómetro	62
VI. Barrido espectral	64
VII. Análisis de muestras	65
A. Muestras sólidas	65
B. Muestras líquidas	68
C. Encapsulamiento	72
D. Discusión	73
Conclusiones	73
Recomendaciones	74
BIBLIOGRAFÍA	75
ANEXOS	79
LOS AUTORES	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores nutricionales y aminoácidos en la quinua (100 g.)	25
Tabla 2. Repeticiones del M1 y del M2	44
Tabla 3. Repeticiones de los tratamientos	46
Tabla 4. Análisis de Varianza para un Diseño Completamente Randomizado –DBCR–	46
Tabla 5. Operacionalización de variables	49
Tabla 6. Resultados del control de peso y calidad	57
Tabla 7. Resultados de la obtención de afrecho polvillo	58
Tabla 8. Saponina polvo en kilogramos y porcentaje	59
Tabla 9. Curva de calibración	62
Tabla 10. Resultados de concentración de saponina sólida	65
Tabla 11. Análisis de la Varianza para muestras solidas	67
Tabla 12. Resultados de concentración de saponina líquida	68
Tabla 13. Análisis de la varianza para muestras liquidas	71
Tabla 14. Resultados del encapsulamiento de saponina por variedad	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general de una saponina. Se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido	32
Figura 2. Núcleos esteroidales con actividad farmacológica	33
Figura 3. Estructura de las saponinas triterpénicas: síntesis del 2,3-oxidoescualeno	34
Figura 4. Estructura de agliconas de saponinas elucidadas en quinua	35
Figura 5. Modelo de cápsulas	41
Figura 6. Flujograma para la obtención de quinua perlada y saponina	51
Figura 7. Flujograma para la extracción de saponinas a partir del afrecho polvillo	53
Figura 8. Relación de saponina con la absorbancia determinada a 528 nm.	63
Figura 9. Relación de saponina con la absorbancia	63
Figura 10. Barrido de longitud de onda	64
Figura 11. Análisis de regresión - Modelo lineal	66
Figura 12. Contenido porcentual de saponina total en muestras secas analizadas	67
Figura 13. Análisis de regresión - Modelo lineal	70
Figura 14. Concentración de saponina líquida en ppm.	70

Figura 15. Despedrado y seleccionado de muestras - cip cama cani	79
Figura 16. Pesado de las muestras - CIP CAMA CANI	80
Figura 17. Escarificado de las muestras - Planta agroindustrial TIC PAC	81
Figura 18. Obtención de afrecho polvillo - Planta agroindustrial TIC PAC	81
Figura 19. Filtrado de muestra - Lab. procesos unitarios - Ingeniería química - UNA	82
Figura 20. Saponina polvo - Lab. Escuela de Agroindustrias UNA	82
Figura 21. Disoluciones para la curva de calibración - Lab. Aguas - Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	83
Figura 22. Saponina Pura al 90% - Lab. Aguas - Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	83
Figura 23. Pesado de muestras sólidas - Lab. Aguas - Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	84
Figura 24. Solución la muestra sólida en agua bidestilada - Lab. Aguas - Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	84
Figura 25. Muestras listas para ser analizadas - Lab. Procesos Unitarios, Ingeniería Química - UNA	85
Figura 26. Lectura en el espectrómetro - Lab. Procesos Unitarios - Ingeniería Química - UNA	85
Figura 27. Pesado de muestras para encapsulado - Lab. Aguas - Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	86
Figura 28. Saponina Encapsulada - Lab. Aguas, Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA	86

AGRADECIMIENTOS

- A Dios y a nuestras familias por el apoyo incondicional.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano - Perú, en especial al Decano JULIO MAYTA por habernos brindado las posibilidades de realizar el trabajo de investigación en sus instalaciones.
- Al Ph. M.Sc. ÁNGEL MUJICA SÁNCHEZ por brindarnos la oportunidad de ejecutar el estudio en su grupo de investigación y por las orientaciones que recibimos durante el desarrollo del mismo.
- Al doctor ERNESTO J. CHURA YUPANQUI y al ingeniero CIRO VERA ALATRISTA por las indicaciones recibidas.
- A nuestros amigos, compañeros y conocidos por su apoyo, compañía y consejos durante la carrera.
- Al laboratorio de agua y alimentos y, en especial al Ph. M.Sc. MARCO ARO por brindarnos su contribución en el desarrollo de este trabajo.
- A cada uno de los docentes ingenieros por habernos brindado la orientación humana y académica durante la carrera.

PREFACIO

En este trabajo de investigación se documentó el método de extracción de las saponinas en cultivos de quinua y el desarrollo de la estandarización de una técnica espectrométrica UV-VIS que permitió la cuantificación de las saponinas contenidas en las diferentes variedades de quinua. Del mismo modo, este estudio tuvo el objetivo de plantear un método nuevo y sencillo que permitiera la extracción de las saponinas para su encapsulamiento y que, además, pudiera ser de bajo costo para su posible aplicación en cualquier laboratorio. Dicho método tuvo el fundamento de extraer las saponinas con una mezcla de 700 ml. de etanol en 83 g. de afrecho polvillo, para luego ser sometida a microfiltración al vacío para lo que se utilizó un medio filtrante de 0,1 μm de porosidad. La determinación espectrométrica UV-VIS se leyó a 528 nm. de longitud de onda tanto para las muestras sólidas como para las muestras líquidas; además como patrón de muestra se manejó un producto comercial concentrado en saponinas sólidas puras al 90% que fue diluida en agua bidestilada en proporción de 1:25. Las muestras sólidas y líquidas fueron analizadas con la obtención de los siguientes resultados: en las muestras sólidas se obtuvo desde 0,06% de saponinas puras en el cultivar morocho de Huamanga hasta 0,81% en el cultivar kancolla de Mañazo, mientras que en las muestras líquidas se obtuvo desde 0,015 ppm. en el cultivar choclito hasta 0,1675 ppm. en el cultivar Ccoyto. Por último, el encapsulado se realizó en cápsulas de gelatina n.º 1 de color transparente para las muestras sólidas y en frascos de vidrio de 10 ml. para las muestras líquidas.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*), también conocida como jopa, jaira, parca (quechua), supha y vocali, es una especie originaria de la región sur de América Latina como Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú que se ha caracterizado por ser la base alimentaria, económica y social de pueblos indígenas desde épocas de antaño. Así mismo, es un grano que ha tenido un gran valor alimenticio en las diferentes regiones del mundo por contener “proteína de 12 - 21%, grasa de 2 - 9,5% y fibra de 8,8 - 14,1%, así como a la presencia de todos los aminoácidos esenciales y la ausencia de gluten”¹. Sin embargo, la presencia de saponinas se refleja por lo general en su sabor amargo y le otorga una cierta capacidad tóxica lo que genera que las industrias procesen la quinua con un tratamiento extractivo previo para disminuir su sabor amargo y, luego, ser utilizada en la fabricación de productos alimenticios. “Las saponinas son consideradas como un factor anti nutricional, para lo cual se deben eliminar antes del consumo mediante lavado húmedo, pulido en seco o método mixto, para disminuir posibles efectos biológicos negativos y el amargor”².

Las saponinas son metabolitos secundarios que son presentadas en forma de glucósidos y que, al ser agitadas sus soluciones acuosas, forman

-
- 1 MIGUEL ÁNGEL GARCÍA PARRA, NUBIA ZORAIDA PLAZAS LEGUIZAMÓN, DIANA CAROLINA CARVAJAL RODRÍGUEZ, SHAYLA CAYET FERREIRA TORRADO y JOEL DAVID PARRA. “Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en relación con el suelo y el clima: una revisión”, en *Informador Técnico*, vol. 82, n.º 2, 2018, disponible en [<http://doi.org/10.23850/22565035.1451>], p. 242.
 - 2 FRANKLYN ELARD ZAPANA YUCRA; JOHANNES DE BRUIJN y PEDRO MIGUEL AQUEVEQUE MUÑOZ. *Aplicación de la saponina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) como agente antifúngico en frutas y hortalizas*, 2016, disponible en [<http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/sistemas-productivos-tecnolog%C3%ADa-e-innovaci%C3%B3n/saponina-de-quinua-como-agente-antif%C3%BAngico-en-frutas-y-hortalizas-chile.pdf?sfvrsn=2>], p. 2.

una espuma abundante y estable. Según ENZIO FOY VALENCIA *et al.*³, cuando las saponinas tienen un esqueleto tipo esteroidal (de base gonano) o triterpenoide (procedentes del escualeno) dan lugar a dos grandes familias: las saponinas esteroidales y las saponinas triterpénicas. De igual modo, es una sustancia que actúa como mecanismo de defensa contra el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos en más de cien familias de plantas, y también se ha demostrado su presencia en especies marinas equinodermos (*Phylum echinodermata*) como la clase *Asteroidea* y *Holothuroidea*.

En la actualidad, las industrias se han preocupado por utilizar métodos innovadores en la producción de jugos clarificados de frutas para concentrar y purificar la materia prima. Uno de estos métodos es la microfiltración que elimina etapas que son implementadas en la filtración tradicional como la decantación, la centrifugación y la filtración frontal, lo que provee los mismos resultados en un corto tiempo. Del mismo modo, LUIS C. CHAPARRO y SORAYA CASTILLO DE GUERRA⁴ infieren que “en la microfiltración de jugos de frutas se emplean membranas con tamaño de poro entre 0,2 y 2 μm por lo cual pueden ser eliminados microorganismos, obteniéndose un filtrado inocuo, de alta calidad sensorial y nutricional”. Esto quiere decir que la microfiltración posibilita la purificación, la clarificación y la concentración de los jugos para obtener productos más saludables con buen aroma y buen sabor, y que maximice la preservación de sus características nutricionales, un óptimo rendimiento y una rápida producción.

De esta manera, el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de aplicar la microfiltración que facilite la extracción de saponinas de diversos cultivos de quinua para encapsularlas, se toma en cuenta que las cápsulas contienen gránulos, polvos, líquidos, semisólidos (geles) y minitables o combinaciones de estas que darían un valor agregado a las saponinas, así como también tienen una gran popularidad entre los consumidores debido a su identificación, su bajo costo y a las características organolépticas que presentan.

3 ENZIO FOY VALENCIA, DÉBORA MAC DONALD, MARGOT CUYOS y RUTH DUEÑAS. “Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*”, en *Biotiempo*, vol. 5, 2005, disponible en [<http://www.urp.edu.pe/pdf/biologia/SAPONINAS.pdf>].

4 LUIS C. CHAPARRO T. y SORAYA O. CASTILLO DE GUERRA. “Procesamiento de jugo de frutas empleando tecnología de membranas”, en *Revista de la Facultad de Ingeniería ucv*, vol. 31, n.º 1, 2016, disponible en [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/15451], p. 79.

CAPÍTULO PRIMERO

EL PROBLEMA Y SU IMPORTANCIA

Desde la Antigüedad, el ser humano se ha caracterizado por relacionarse en forma directa con el medio ambiente, en especial con las plantas, primero como fuente de alimento y luego, a raíz del descubrimiento de sus propiedades, como materias primas y medicamentos. La mayoría de los países latinoamericanos, en especial Perú, posee una flora muy diversa y exquisita que es utilizada por la población, sobre todo, por las múltiples propiedades que estas poseen. Dentro de esta categoría se encuentra la familia *Amaranthaceæ*, que comprende aproximadamente 160 géneros y 2.400 especies de plantas, y que se domesticó hace más de 4.000 años por las culturas precolombinas, quienes facilitaron su difusión a otras partes del mundo.

Dentro de esta familia se encuentra la especie *Chenopodium quinoa Willdenow*, mejor conocida como quinua o quinoa, que se considera como el sagrado alimento de antiguas culturas andinas, por sus cualidades, convirtiéndola en una planta latinoamericana cargada de futuro. Para ÁNGEL MUJICA SÁNCHEZ, citado por DURGA RAMÍREZ MIRANDA, EDNA RAMÍREZ MIRANDA y LUZ SÁENZ ARANA:

Estudios científicos indican que la quinua es el único alimento de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas, y tiene también la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes ecológicos y climas, resistente a la sequía, a los suelos pobres y a la elevada salinidad, se puede cultivar desde el nivel del mar hasta una altitud de 4.000 metros y puede soportar temperaturas entre -8 y 38 grados Celsius⁵.

5 ÁNGEL MUJICA SÁNCHEZ citado por DURGA RAMÍREZ MIRANDA, EDNA RAMÍREZ MIRANDA y LUZ SÁENZ ARANA. "Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014)", en *Investigaciones Sociales*, vol. 20, n.º 36, 2016, disponible en [<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/12993/11603>], p. 232.

De esta manera, la quinua es reconocida a nivel mundial por ser un producto cultural y un alimento básico en la nutrición de las poblaciones andinas durante miles de años, que facilita la reducción de la pobreza y el aumento de las proteínas en el organismo del ser humano que la consume como son: la fenilalanina, isoleucina, lisina, leucina, metionina, triptófano, treonina y valina, así como también de los minerales como calcio, fósforo, magnesio y potasio. Sin embargo, la quinua contiene metabolitos como saponinas y taninos que se caracterizan por ser “sustancias químicas que sirven de barreras de protección a factores bióticos y abióticos. En el caso de las saponinas, se reconocen 31 estructuras químicas, presentes en hojas, tallos, panojas, cascarillas y semillas de diferentes especies y genotipos”⁶.

De igual modo, las saponinas son las responsables de que el grano tenga un sabor amargo e indeseable, por lo que restringen el consumo de quinua en la alimentación del ser humano y dificultan el desarrollo agroindustrial; además de ser un contaminante, ya que es tóxico para los animales de sangre fría. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que las saponinas, a pesar de algunos efectos negativos en el cuerpo humano como la pérdida de hemoglobina, tienen efectos antibacteriales, anticancerígenos, antifúngicos, antiinflamatorios y antivirales. Así mismo, las semillas de quinua son “desgastadas mecánicamente para retirar el salvado, donde se sitúan predominantemente las saponinas, o son lavadas con agua para quitar amargura antes de su uso”⁷, pero en ese proceso se pierden nutrientes valiosos y el perfil de los minerales y aminoácidos que poseen las semillas de la quinua, por lo que se han creado maquinarias especializadas (escarificadoras) que eliminan las cáscaras de la quinua que contienen saponinas, lo que origina que esta tome forma de polvillo en la base de la máquina.

En consecuencia, el objetivo de este trabajo de investigación es estudiar algunos métodos de extracción de saponinas para su posterior encapsulamiento debido a que estas, en lugar de eliminarlas y contaminar el medio ambiente, tienen múltiples aplicaciones en la industria

6 GARCÍA PARRA *et al.* “Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en relación con el suelo y el clima: una revisión”, cit., p. 241.

7 DIDIER BAZILE, DANIEL BERTERO y CARLOS NIETO. *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*, Santiago de Chile, FAO, 2014, disponible en [<http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>], p. 317.

cosmética, medicinal, agrícola como biosida y en la alimentación animal como sustancia catalizadora.

I. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. *Objetivo general*

Evaluar el método eficiente para extraer las saponinas puras de 20 cultivares amargos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y para su encapsulamiento.

B. *Objetivos específicos*

- Determinar el fortalecimiento de saponinas en 20 cultivares amargos de quinua.
- Determinar el método de extracción más eficiente (microfiltración o secado).
- Identificar el cultivar de quinua que tenga mayor cantidad de saponinas para su encapsulamiento.

II. HIPÓTESIS

A. *Hipótesis general*

Se logra determinar el método más óptimo y el cultivar de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) con mayor contenido de saponinas para encapsularla.

B. *Hipótesis nula*

No se logra determinar el método más óptimo y el cultivar de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) con mayor contenido de saponinas para encapsularla.

CAPÍTULO SEGUNDO

ANTECEDENTES TEÓRICOS

En la actualidad, la mayoría de los países del sur de América reconocen la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) como una especie de planta cultivada en gran cantidad que tiene un alto valor nutricional y que es rica en saponinas triterpénicas que están contenidas, principalmente, en su cáscara. Debido a los grandes estudios que se les ha realizado a las saponinas, diversos científicos determinan que estas tienen propiedades biológicas que pueden ser utilizadas en el ámbito medicinal, químico e industrial y que pueden ser favorable para la salud humana.

Como ha sido tradición, los agricultores de la quinua han ejecutado la remoción de las saponinas mediante lavados sucesivos con agua o abrasión mecánica, que originan el aumento considerable de residuos sólidos y la contaminación de las aguas naturales. Por consiguiente, han crecido las investigaciones y los especialistas que tienen un creciente interés por las propiedades que contienen las saponinas, así como también es importante resaltar que la “evolución tecnológica que tiene lugar en el análisis de metabolitos secundarios y el auge que alcanza el consumo de alimentos ancestrales a nivel mundial, posicionan a la quinua como una fuente de un subproducto rico en saponinas, pero poco explorado”⁸.

8 J. CORONEL RIVERA y C. MESTANZA UQUILLAS. *Determinación del contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) producidos en la Finca Experimental La María, Quevedo - Los Ríos (Ecuador)*, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2018, disponible en [<http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/3.-tecnolog%C3%ADa-de-alimentos-nutrici%C3%B3n-y-gastronom%C3%ADa/contenido-de-saponina-y-prote%C3%ADna-en-quinua-ecuador.pdf?sfvrsn=2>], p. 2.

I. CARACTERÍSTICAS DE LA QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano natural, perteneciente a la familia *Amaranthaceae* y a la subfamilia *Chenopodioideae*, que es cultivada con amplitud en la región andina, desde Colombia hasta el norte de Argentina con las montañas de altura. Ha sido utilizada como un alimento para las colonias precolombinas desde hace 4.000 años, quienes se han preocupado por expandirla en el mundo. Al respecto, CAMPOS argumenta que:

Han habido varios hallazgos arqueológicos de quinua, por ejemplo, algunas ramas fructíferas terminales y granos sueltos, encontrados en diferentes regiones del Perú y en la zona costera de Arica, Chile. Asimismo, las semillas de quinua encontradas en las antiguas tumbas indígenas en Tarapacá y en Calama (Chile) y en la región Colchaqui-Diaguaita. En el norte del Perú el cultivo de la quinua fue común, pero en asociación con el maíz⁹.

De manera que, en el caso de Perú, se ha registrado su origen desde la época prehispánica hasta la actualidad, debido al suelo y clima óptimo para su cultivo. De la misma manera, la palabra quinua significa “grano madre”, la cual proviene de la lengua quechua (FAO, cit. por PADRÓN *et al.*)¹⁰. De igual forma, la quinua era considerada de forma exclusiva como el alimento de los pueblos andinos, pero en la década de los años 1970 se reconoció a nivel mundial, en especial por los vegetarianos, debido a las características nutricionales y dietéticas que proporcionan al cuerpo humano. Para FAIRLIE¹¹ el valor de la quinua se debe a la cantidad de proteínas y aminoácidos que contiene (treonina, valina,

9 JUAN JOSÉ MANUEL CAMPOS NAPÁN. “Maximización de la reducción de saponina en escarificado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) por abrasión aplicando superficie de respueta”, Tesis de pregrado, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018, disponible en [<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3655/campos-napan-juan-jose-manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>], p. 5.

10 CARLOS ALBERTO PADRÓN PEREIRA, RAFAEL OROPEZA GONZÁLEZ y ADRIANA MONTES HERNÁNDEZ. “Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas”, en *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 5, n.º 2, 2014.

11 ALAN FAIRLIE REINOSO. “La quinua en el Perú. Cadena exportadora y políticas de gestión ambiental”, en *Cuadernos de Investigación Kawsaypacha*, n.º 6, Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016, disponible en [<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/54092>].

metionina, triftófano y fenilamina), pues contiene el doble de lisina en comparación a otros granos y cereales, además contiene vitaminas B, C y E, riboflavina y un contenido alto de fósforo y potasio. Así mismo, es importante resaltar que la quinua no contiene gluten, al ser estas características las que les permite ser un alimento nutritivo y medicinal.

Tabla 1
Valores nutricionales y aminoácidos en la quinua (100 g.)

COMPONENTE	VALOR	AMINOÁCIDO	VALOR
Humedad	10,2% a 12%	Arginina	7,4%
Proteínas	12,5% a 14%	Arginina	6,4%
Grasas	5,1% a 6,4%	Leusina	7,1%
Carbohidratos	3,3% a 3,4%	Lisina	6,6%
Fibra	59,7% a 67,6%	Fenilalanina	3,5%
Fósforo	n.e	Tirosina	2,8%
Calcio	n.e	Trionina	4,8%
Caroteno (vitamina A)	n.e	Valina	4,0%
Riboflavina (vitamina B)	n.e	Metionina	2,4%
Niacina	n.e		
Vitamina C	n.e		
*n. e. = no se especifican las proporciones para ciertos componentes			

Fuente: LEÓN, citado en ALAN FAIRLIE REINOSO. "La quinua en el Perú. Cadena exportadora y políticas de gestión ambiental", en *Cuadernos de Investigación Kawsaypacha*, n.º 6, Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.

Por otro lado, se ha determinado que la quinua presenta diversas variedades, las cuales están atribuidas a las diferentes posibilidades cromáticas, es decir, que este grano puede presentarse en colores blanco, rojo, amarillo, café, rosa o negro¹². Del mismo modo, la quinua es una planta anual herbácea que puede alcanzar de uno a tres metros de altura, sus hojas son anchas y tienen distintas formas en una misma planta, su tallo central tiene hojas quebradizas y lobuladas, y puede que tenga o no ramas, las cuales varían de acuerdo a la densidad o variedad del sembrado. Sus flores no tienen pétalos, son pequeñas y hermafroditas por lo que se autofertilizan en la mayoría de los casos. Su fruto es seco y mide dos milímetros de diámetro aproximadamente. Su periodo vegetativo varía entre 150 y 240 días, y se pueden cultivar desde el nivel del mar hasta los 3.900 metros de altura¹³.

A. Descripción científica de la quinua

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura¹⁴, la quinua presenta la siguiente clasificación científica:

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Orden: *Caryophyllales*
Familia: *Amaranthaceae*
Género: *Chenopodium*
Especie: *C. quinoa*

12 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Quinua. Un futuro sembrado hace miles de años. Memoria del Año Internacional de la Quinua en el Perú*, Lima, MINAGRI, 2014, disponible en [<http://repositorio.promperu.gob.pe/handle/123456789/1489>].

13 JOSÉ HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ. "La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus", en *Revista Cubana de Endocrinología*, vol. 26, n.º 3, 2015, disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532015000300010].

14 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA –FAO–. *Biodiversidad de la quinua*. 2020, disponible en [<http://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/biodiversidad-de-la-quinua/es/>].

B. Descripción de las variedades de quinua

Si bien la quinua tiene una amplia adaptación como especie, sus diferentes variedades tienen adaptaciones específicas a ciertos ambientes. En algunos de ellos, las variedades crecen de forma vegetativa sin fructificar o tienen ciclos tan cortos que se cosechan en períodos de lluvias con bajo rendimiento y calidad de granos. De manera que siempre se deben considerar las condiciones de altura y de clima para asegurar la adaptación de las distintas variedades. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura –FAO–¹⁵, a nivel mundial se encuentran muchas variedades de quinua, pero en el Perú se presentan las siguientes variedades:

– Variedades de valles interandinos

- *Amarilla de Maranganí*: planta poco ramificada, erecta, 1,80 m. de altura, grano grande de color naranja (2,5 mm.), ciclo vegetativo de 180 a 210 días (tardío), contenido alto de saponinas.
- *Rosada de Junín*: planta con 156 cm. de altura promedio, tallo de color púrpura y verde (1,2 m. de altura), panoja glomerulada de color rosado intenso y laxa, semillas blancas (2 mm.) con forma redonda y aplanadas, ciclo vegetativo de 160 a 200 días, contenido bajo de saponinas.
- *INIA 427 - Amarilla Sacaca*: planta de 160 a 200 cm. de altura, ciclo vegetativo de 160 a 180 días, semillas amargas con epispermo de color amarillo anaranjado de 1,6. a 2,2. mm de diámetro.

– Variedades del altiplano

- *Salcedo-INIA*: grano grande (1,8 a 2 mm.), de color blanco, ciclo vegetativo de 160 días (precoz), su cultivo se recomienda en la zona circunlacustre.

15 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA –FAO–. *Guía de cultivo de la quinua*, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016, disponible en [<http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>].

Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua...

- *Kancolla*: grano mediano (1,6 a 1,9 mm.), de color rosado o blanco, contenido alto de saponinas, ciclo vegetativo de 160 a 180 días (tardío), su cultivo se recomienda para zonas alejadas del lago Titicaca como Azángaro, Cabanillas y Juliaca.
- *Chewecca*: grano pequeño (1,2 mm.), de color blanco, semidulce, ciclo vegetativo de 180 a 190 días (tardía), su cultivo se recomienda para zona Azángaro, Melgar, Mañazo, Lampa y Vilque.
- *Illpa-INIA*: grano grande (1,8 a 2 mm), de color blanco, ciclo vegetativo de 150 días.
- *Blanca de Juli*: grano mediano (1,4 a 1,8 mm.), de color blanco, semidulce, ciclo vegetativo de 160 a 170 días (semitardío), su cultivo se recomienda para zona circunlacustre.
- *Tahuaco*: grano mediano (1,5 a 1,7 mm.), de color blanco, semidulce, ciclo vegetativo de 180 a 190 días (tardío), su cultivo se recomienda para las zonas Azángaro y Lampa.
- *Sajama*: grano grande (2 a 2,2 mm.), de color blanco, precoz, variedad dulce libre de saponinas, ciclo vegetativo de 170 días, alcanza una altura de 1,10 m., su cultivo se recomienda para las zonas Ayaviri, Azángaro y Lampa.
- *Witulla*: grano mediano (1,5 a 1,8 mm.), de color morado a rosado, amarga, ciclo vegetativo de 180 días y su cultivo se recomienda para la zona llave.
- *Pasankalla*: tiene un alto valor nutricional, excelente calidad de grano con pericarpio color plomo y epispermo de color castaño-rojo, precoz, ciclo vegetativo de 140 días.
- *INIA 420 Negra Collana*: conocida también como “Quytu jiwras”, planta con altura de 94 a 110 cm., ciclo vegetativo de 136 a 140 días, semillas con pericarpio de color plomo y epispermo de color negro.

Además, en Perú se pueden conseguir otras variedades de quinua, como:

- *Ayara*: conocida como la quinua negra por su color característico, alto grado de litio en forma natural y su forma química es usado para fármacos.
- *Canchis acobamba*: variedad originaria de Cusco, granos pequeños, de color amarillo.
- *Coyto*: conocida también como koitu, granos medianos (1,8 a 2 mm.), de color marrón ceniciento, con forma esferoidal.
- *Choclito*: panoja extensa y uniformidad en los granos.
- *Chullpi*: grano mediano (1,2 a 1,8 mm.), de color cristalino, con forma esférica y aplanada.
- *Huariponcho*: variedad resistente a las granizadas y las heladas, grano amargo y se cultiva en pequeñas parcelas.
- *Kcancolla de Cabana*: grano mediano de color blanco, alto contenido de saponina y originaria del distrito de Cabana.
- *Kcancolla de Mañaz*: grano mediano de color blanco.
- *Misa quinua*: granos de color rojo y amarillo, panoja extensa y uniformidad en los granos.
- *Morocho Huamanga*: variedad originaria de Cusco, granos grandes de color amarillo.
- *Pasankalla rosada*: granos grandes de color rosado, sabor amargo y se desarrolla muy bien en salares.
- *Real*: grano grande (2,2 a 2,8 mm.) de color blanco.

II. NOCIONES DE LAS SAPONINAS

El término saponina proviene de la palabra latina *sapo onie*, que significa jabón, nombre que se le atribuye por ser una molécula compuesta por un elemento soluble en agua que, al agitarse, forma espuma. Las saponinas se definen como aquellos metabolitos secundarios que se presentan en forma de glucósidos hidrosolubles y son productos defensivos de las plantas y vegetales contra los patógenos, en especial los hongos, que se encuentran en principio en las zonas más externas de las plantas (JOSÉ MOSTACERO LEÓN, cit. por RODRÍGUEZ)¹⁶.

Por otro lado, las saponinas son las causantes del sabor amargo de la quinua y se presume que son tóxicas debido a que, luego de ser ingeridas, rompen membranas o interfieren en la asimilación de esteroides por el sistema digestivo. Sin embargo, el análisis y la extracción de las saponinas de las plantas han ocasionado que diversos especialistas e investigaciones lleguen a la conclusión de que estas tienen diversos beneficios para la salud por su actividad biológica y farmacológica, destacándose su efecto pesticida, insecticida, anti-protozoos, antiinflamatorio, anticancerígeno, antibacterial, antifúngico y antiviral, así como su actividad citotóxica frente a varias neoplasias¹⁷⁻¹⁸.

En la quinua se genera una estructura de compuestos saponínicos que constituyen una molécula de aglicona unida a un azúcar a través de un enlace glucosídico, que ocasiona la construcción de treinta saponinas diferentes mediante la combinación de agliconas y azúcares presentes en las semillas, tallos, hojas, flores y panojas, las cuales están condicionadas por el tipo de clima y suelo en que se cultivan para permitir la cantidad de estos compuestos y su adaptabilidad a los factores

16 JOSÉ MOSTACERO LEÓN citado por ARY RODRÍGUEZ ÁLVAREZ. "Extracción de saponinas a partir de la *Furcraea hexapetala* y estudio de sus propiedades como insecticida", Tesis de pregrado, Santa Clara, Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2016, disponible en [<http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7295/Ary%20Rodr%C3%ADguez%20Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>].

17 BAZILE *et al.* *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*, cit.

18 LICET MENA VALDÉS, BEATRIZ TAMARGO SANTOS, EVA SALAS OLIVET, LUIS ENRIQUE PLAZA PAREDES, YISEL BLANCO HERNÁNDEZ, ANSELMO OTERO GONZÁLEZ y GUSTAVO SIERRA GONZÁLEZ. "Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus Saponaria* L. (jaboncillo)", en *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 20, n.º 1, 2015, disponible en [<http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v20n1/pla10115.pdf>].

bióticos y abióticos¹⁹. De igual modo, en la quinua se pueden producir en menores o mayores concentraciones, sin importar si la variedad es dulce o amarga. “La cantidad de saponina varía entre las variedades, la variedad dulce contiene < 0,11% de saponina y la variedad amarga > 0,11 % de saponina” (JENNY RUALES y BABOO M. NAIR, cits. por ZAPANA *et al.*)²⁰. De esta manera, es importante resaltar que la variación de la cantidad de saponinas depende de las condiciones edafoclimáticas en que se encuentra el cultivar.

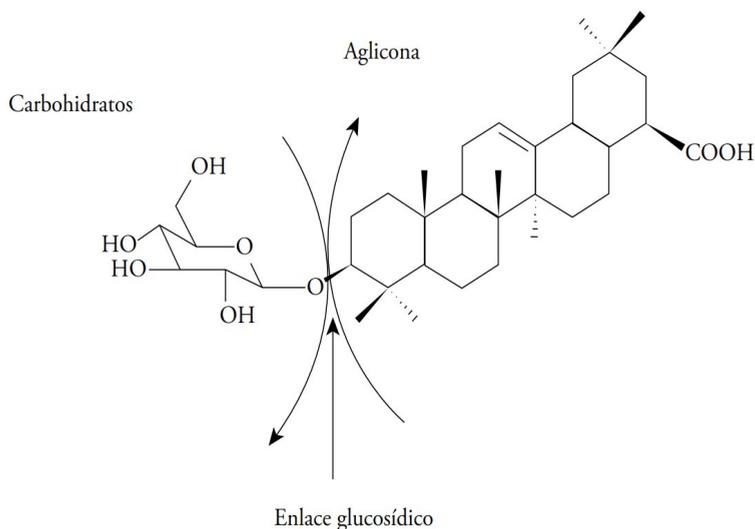
A. Estructura de las saponinas

Las saponinas están compuestas de aglicona (terpenoide o esteroideal) y azúcar (carbohidratos) a través de enlaces glucosídicos, cada una representa el 50% de la totalidad del peso de la molécula que forman saponinas monoglicosídicas (con un oligosacárido unido al C-3), diglicosídicas (contienen dos cadenas de carbohidratos) o triglicosídicas (contienen tres cadenas de azúcares) según la cantidad de sustituciones.

19 GARCÍA PARRA *et al.* “Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en relación con el suelo y el clima: una revisión”, cit.

20 ZAPANA *et al.* *Aplicación de la saponina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) como agente antifúngico en frutas y hortalizas*, cit., p. 2,

Figura 1
Estructura general de una saponina.
Se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido



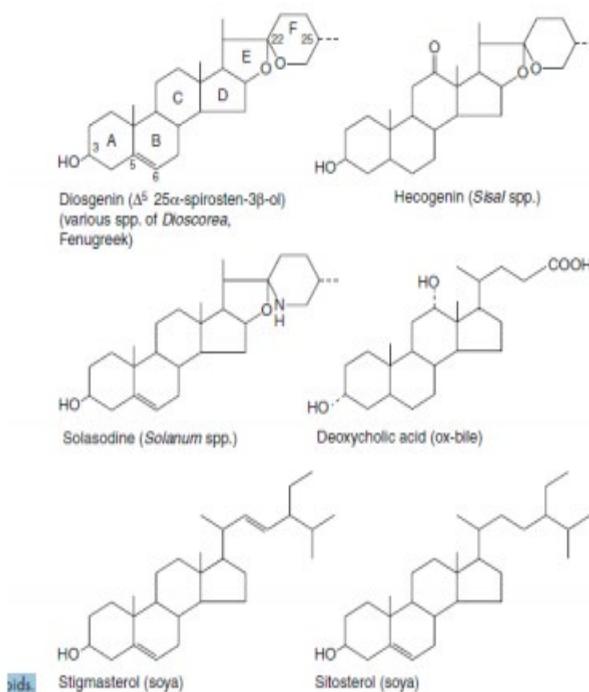
Fuente: ANDRÉS AHUMADA, ANDRÉS ORTEGA, DIANA CHITO y RICARDO BENITEZ. "Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): un subproducto con alto potencial biológico", en *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 45, n.º 3, 2016, disponible en [<http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>].

Por otro lado, las saponinas pueden tener un esqueleto tipo esteroidal o tipo triterpenoide, las cuales dan lugar a las siguientes grandes familias:

- *Saponinas esteroidales*: complejas estructuras que se conforman por una parte hidrófila, constituida por unidades de monosacáridos, y por un núcleo esteroidal hidrófobo (ALEYDIS CERVANTES DUEÑAS, cit. por PANCHANA y VELÁSQUEZ)²¹. Son de mucha importancia para el ámbito farmacéutico debido a su vínculo con compuesto tales como la cortisona, esteroides diuréticos, hormonas sexuales, glucósidos cardíacos y vitamina D.

21 DARÍO RAFAEL PANCHANA TIGRERO y ANMAR MADELEIN VELÁSQUEZ CHALCO. "Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de *mimusops* sp en dos estados de maduración", Tesis de pregrado, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2018, disponible en [<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33759/1/BCIEQ-T-0319%20Panchana%20Tigrero%20Dar%C3%ADo%20Rafael%3B%20Vel%C3%A1squez%20Chalco%20Anmar%20Madelein.pdf>].

Figura 2 Núcleos esteroidales con actividad farmacológica

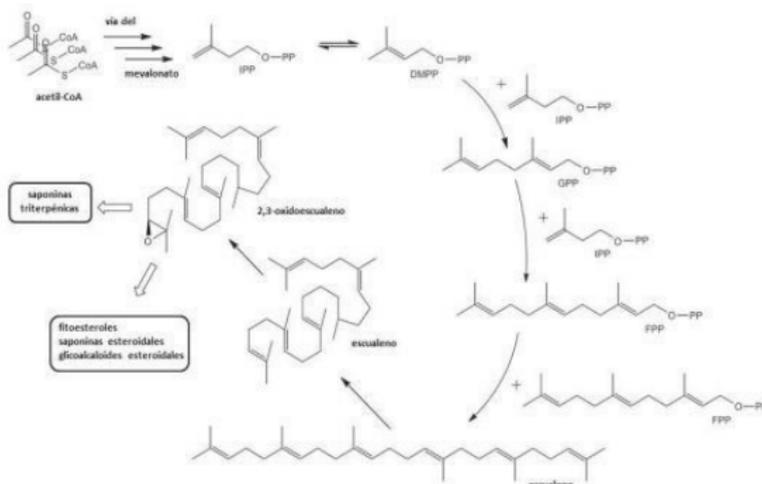


Fuente: WILLIAM C. EVANS, citado por PANCHANA TIGRERO y VELÁSQUEZ CHALCO. *Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de mimosops sp en dos estados de maduración*, cit.

- **Saponinas triterpénicas:** tienen una estructura policíclica, por lo general tetra o pentacíclica. Por la vía isoprenoide discurre la biosíntesis en la que tres unidades isoprenoides (moléculas de 5C) se acoplan cabeza-cola (1' - 5) que resulta en un compuesto de 15C llamado farnesil-difosfato –FPP–. Las molécula de FPP da lugar al escualeno (compuesto lineal de 30C), catalizada por la enzima escualenosintasa; la molécula de escualeno es oxidada para dar el 2,3-oxidoescualeno, por donde se inicia la biosíntesis de las saponinas triterpénicas (VÍCTOR JARAMILLO ALCÍVAR, cit. por PANCHANA y VELÁSQUEZ)²².

22 PANCHANA TIGRERO y VELÁSQUEZ CHALCO. *Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de mimosops sp en dos estados de maduración*, cit.

Figura 3
Estructura de las saponinas triterpénicas:
síntesis del 2,3-oxidoescualeno



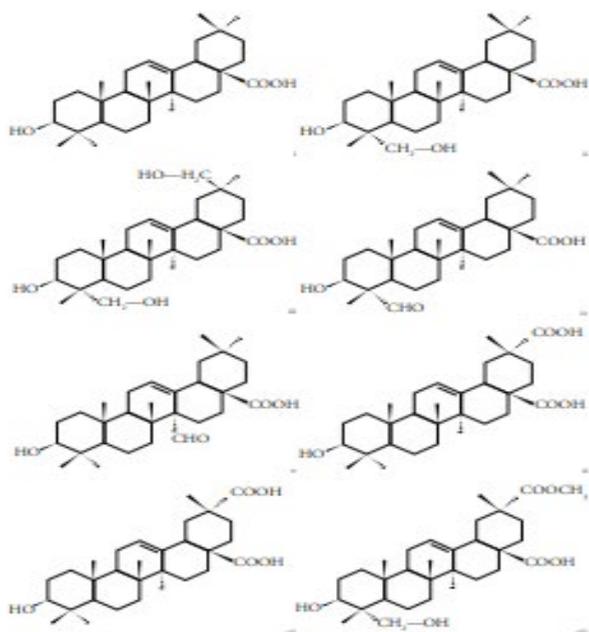
Nota: IPP: isopentenil pirofosfato, DMPP: dimetilalil pirofosfato, GPP: geranyl pirofosfato, FPP: farnesil pirofosfato.

Fuente: MAURICIO MASTROGIOVANNI, citado por PANCHANA TIGRERO y VELÁSQUEZ CHALCO. *Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de mimosops sp en dos estados de maduración*, cit.

Las saponinas en la quinua son una compleja mezcla de glucósidos triterpénicos que provienen de siete agliconas: ácido oleanólico, hedera-genina, ácido fitolacagénico, ácido serjánico, ácido 3 β -Hidroxi-23-oxo-olean-12-en-28-oico, ácido 3 β -Hidroxi-27-oxo-olean-12-en-28-oico, y ácido 3 β ,23 α ,30 β -Trihidroxi-olean-12-en-28-oico, mientras que los azúcares más representados son la arabinosa, galactosa y glucosa²³.

23 BAZILE *et al.* *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*, cit.

Figura 4
Estructura de agliconas de saponinas elucidadas en quinua



Nota. Agliconas: I- ácido oleanólico; II- hederagenina; III- ácido 3 β , 23, 30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico; IV- gipsogenina; V- ácido 3 β -hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico; VI- ácido espergulagénico; VII- ácido serjanico; VIII- ácido fitolacagénico.

Fuente: AHUMADA *et al.* "Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico", cit.

Por otro lado, las saponinas no son resistentes a los cambios bruscos de pH ya que los valores muy básicos o muy ácidos ocasionan ruptura de los enlaces O-glucosídicos. Además, frecen una actividad alta superficial debido a la combinación estructural de un grupo polar (azúcar) y de un grupo no polar (esteroide o triterpeno). En relación a su estabilidad térmica, las saponinas son resistentes a las temperaturas inferiores a 400°C y superiores a 150°C²⁴.

24 AHUMADA *et al.* "Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico", cit.

B. Toxicología de la saponina

La toxicología de la saponina ya ha tenido repercusión en el desarrollo de producción y exportación de la quinua pues, a pesar de los beneficios nutricionales de este grano, se ha creado cierto pavor en los compradores al momento de adquirirlo debido a los efectos secundarios que pueden generar las saponinas en el organismo humano. Al respecto, GARCÍA-PARRA *et al.* argumentan que:

... el desarrollo agroindustrial de la quinua se ha visto desfavorecido, debido a que las semillas sintetizan compuestos bioactivos como respuesta a la adaptabilidad (CRUCES, 2016), lo que ha generado que el consumo cause toxicidad al organismo, por efecto de la irritación en el tracto digestivo y las mucosas intestinales, inhibiendo la absorción de nutrientes y produciendo lisis celular (COSTA, YENDO, FLECK, GOSMANN y FETT-NETO, 2011)²⁵.

Sin embargo, es importante resaltar que es inevitable que las especies vegetales presenten elementos tóxicos en sus tejidos porque son mecanismos de defensas contra depredadores, las cuales le otorgan propiedades kairomónicas (benefician al consumidor) o, en el caso de las saponinas, propiedades alomónicas (benefician a la planta). De manera que, para ZARATE:

El sabor amargo resultante del glucósido es una limitante para consumo humano, por cuya razón, es necesaria determinar la Ingesta Diaria Admisible –IDA– de saponina, es decir, la cantidad de saponina que una persona pueda ingerir en su alimentación durante toda la vida sin riesgo, ello, considerado que los factores que afectan las saponinas son múltiples y no necesariamente tóxicos. Los niveles de saponina aceptados para consumo humano varían entre 0,06 y 0,12% y el límite máximo en granos cocidos es 0,1%²⁶.

25 GARCÍA PARRA *et al.* "Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en relación con el suelo y el clima: una revisión", cit., p. 242.

26 SUZAN ERIKA ZARATE SULLCA. "Evaluación del método de extracción sólido - líquido de la saponina de 5 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), su encapsulamiento y utilización en la alimentación", Tesis de pregrado, Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano Puno, 2016, p. 32, disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2432/Zarate_Sullca_Suzan_Erika.pdf?sequence=1&isAllowed=y].

En otras palabras, se ha comprobado que las saponinas, en su alto consumo, pueden ser tóxicas para los seres humanos debido a que pueden producir alteraciones en la permeabilidad de las paredes de los eritrocitos produciendo hemólisis o afectar el nivel del colesterol del hígado, y, sobre todo, de la sangre. De la misma manera, no se han confirmado los efectos tóxicos de la saponina en la mayoría de los animales, a excepción de los peces, pues se afirma que es de una gran toxicidad para ellos.

C. Uso de la saponina en la industria

El uso de las saponinas de quinua se ha vuelto muy popular en las diferentes industrias por sus beneficios. Según SHANE SPARG, MARNIE E. LIGHT y J. VAN STADEN, citados por CAMPOS²⁷, las saponinas, de acuerdo a sus efectos de la quinua, pueden tener los siguientes usos:

- Alimentación animal: reducen olores, mejoran conversión de alimentos, reducen el nivel de colesterol y son anti protozoo.
- Alimentación de peces: inmunoprotección en salmones.
- Vacunas humanas: adyuvante en vacunas para hepatitis B, melanoma, cáncer, sida.
- Emulsificante: emulsificador en diversos alimentos.
- Medicinal: remueven el colesterol en grasas, en alimentos y en humanos.
- Minería: reducen la neblina en la minería del zinc.
- Tratamiento de efluentes: como uso comercial
- Protección contra insectos: como insecticida natural para cultivos.
- Análisis de sangre: como ingrediente para el conteo de glóbulos blancos.
- Cosméticos: para cosmetología en general y como disolvente de ácidos esenciales.

27 CAMPOS NAPÁN. *Maximización de la reducción de saponina en escarificado de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) por abrasión aplicando superficie de respuesta*, cit., p. 21.

III. TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

La tecnología de membranas –TM– se caracteriza por ser un método de filtración en donde se separan los sólidos en suspensión en un líquido a través de un medio poroso, el cual retiene los sólidos y permite el pasaje del líquido. Según SOLÍS, VÉLEZ y RAMÍREZ-NAVAS²⁸, esta tecnología es un “método de filtración de solutos disueltos en un fluido, cuyo fundamento es la separación por la diferencia de los pesos moleculares y el tamaño de partícula”. Así mismo, esta tecnología es utilizada con gran amplitud por las grandes industrias porque presenta las siguientes ventajas:

- Realiza la separación de manera continua.
- Es mínimo el consumo de energía.
- Sus procesos pueden ser combinables de manera muy sencilla con otros procesos de separación.
- Es sencillo el escalado de los procesos.
- Son ajustables las propiedades de las membranas.
- No requiere añadir aditivos.
- Recuperan productos de valor.
- Requieren bajos costos de inversión.
- Ayuda a reducir la emisión de residuos que contaminan el medio ambiente.

Según el peso molecular, el desarrollo de las membranas tiene la capacidad de seleccionar los solutos disueltos en una corriente líquida, al ser esta una característica que ha logrado optimizar los procesos industriales como el aprovechamiento de leche y lactosuero, la desalinización del agua de mar, la obtención de compuestos activos en el ámbito farmacéutico, el mejoramiento de las pinturas, el tratamiento de aguas residuales, la clarificación de jugos, entre otros. Por otro lado, de acuerdo al tamaño de las moléculas o partículas que son capaces de retener la tecnología de membrana se clasifican en: electrodiálisis, ósmosis

28 CARLOS ANDRÉS SOLÍS CARVAJAL, CARLOS ANTONIO VÉLEZ PASOS y JUAN SEBASTIÁN RAMÍREZ NAVAS. “Tecnología de membranas: ultrafiltración”, en *Entre Ciencia e Ingeniería*, año 11, n.º 22, 2017, p. 26, disponible en [<http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v11n22/1909-8367-ecei-11-22-00026.pdf>].

mosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y microfiltración, siendo este último uno de los métodos más utilizados para extraer las saponinas de la quinua.

– Microfiltración

La microfiltración –MF– es una membrana semi-permeable de baja presión para separar sólidos suspendidos del agua, que deja pasar sales y macromoléculas. La microfiltración maneja “valores de diferencia de presión transmembrana comprendidos en el intervalo 100 - 500 kPa., pudiendo separar tamaños de partículas dentro del rango: 0,1 μm - 10 μm , de distinta naturaleza: sólidos en suspensión, partículas finas, coloides, algas y microorganismos como bacterias, etc.”²⁹. Este tipo de tecnología de membranas hace alusión al proceso de separación sólido-líquido, a través de una membrana semipermeable, de componentes de fluido presurizado, se toma en cuenta que la separación de partículas microscópicas o de especies biológicas (como bacterias) se obtiene por filtración tangencial, la cuales empiezan su proceso con el uso de membranas artificiales³⁰.

IV. ESPECTROMETRÍA DE MASAS

La espectrometría de masas –MS– resulta ser una técnica que posibilita la buena aproximación al análisis de cualquier contaminante emergente que presente iones característicos en su espectro de masas. En forma análoga, este tipo de análisis es una herramienta potente que identifica compuestos, elucida el peso molecular e incluso la estructura química de las moléculas, así como también cuantifica los contaminantes orgánicos en matrices complejas y consiente la separación y simultánea identificación de diversos compuestos en una muestra³¹.

29 PABLO URES RODRÍGUEZ, ALFREDO JÁCOME BURGOS y JOAQUÍN SUÁREZ LÓPEZ. *Filtración en membrana y ósmosis inversa (FT-TER-005)*, La Coruña - España, Universidad de la Coruña, 2015, p. 10, disponible en [<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Filtraci%C3%B3n+en+membrana+y+%C3%B3smosis+inversa.pdf/c6e09095-3730-c07e-42e8-3f9db4f7e28b>].

30 MANUEL CORONEL. *Microfiltración tangencial*, Quito, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012, disponible en [<http://oaji.net/articles/2015/1783-1426290968.pdf>].

31 CINTIA FLORES RUBIO. “Espectrometría de masas de alta resolución y en tándem. Análi-

– *Ventajas de la espectrometría de masas*

Según DUARTE³², la espectrometría de masas presenta las siguientes ventajas:

- Tienen la capacidad inequívoca de identificar cualquier tipo de sustancia, desde átomos hasta moléculas complejas de peso molecular elevado.
- Realiza análisis cuantitativo y cualitativo.
- Tiene la capacidad de identificar una sustancia en presencia de otras similares.
- Presenta alta sensibilidad.
- Su técnica es específica y universal.
- Su información es isotópica.
- Tiene información estructural, energías de enlaces, cinética, fisicoquímica, etc.
- Su técnica es rápida: análisis en línea en tiempos reales, control de procesos enzimáticos, metabólicos, etc.

V. ENCAPSULACIÓN

La encapsulación de ingredientes es mucho más común de lo que los consumidores imaginan, pero sin ellos, muchos de los anaqueles de las grandes tiendas de autoservicio estarían vacíos, ya que una gran parte de los alimentos procesados que el hombre ingiere en la actualidad tan solo no existirían.

Durante los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo para desarrollar nuevas y mejores técnicas que permitan obtener ingredientes que se incorporen a los productos procesados y aporten beneficios específicos, ya sea en cuestiones de proceso (p. ej., facilidad de dispersión, manejo de materias primas, entre otros) o en cuestiones

sis de alto rendimiento de contaminantes orgánicos emergentes en agua”, Tesis doctoral, Barcelona, Universidad de Barcelona, 2015, disponible en [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/98190/1/CFR_TESIS.pdf].

32 GEORGINA DUARTE. *Espectrometría de masas*, México, UNAM, 2009, disponible en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/4.1InstrumentacionEspectrometriadeMasas_2462.pdf].

muy específicas de beneficios al consumidor final (p. ej., productos enriquecidos, adicionados, entre otros).

Figura 5
Modelo de cápsulas



La encapsulación se caracteriza por “atrapar sustancias sensibles dentro de una matriz, forma una barrera que reduce su pérdida, aumenta su estabilidad y mejora su biodisponibilidad. Este método, ha sido utilizado en la protección de flavonoides, antioxidantes, probióticos, vitaminas y enzimas”³³. Al seguir esas líneas de desarrollo, en los últimos años se ha encontrado que la encapsulación es una técnica que se puede llevar a infinidad de aplicaciones, además de ser muy versátil en su empleo para hacer que algunos ingredientes o compuestos sean más resistentes y duraderos, así como mejorar su función, liberarlos de los ingredientes activos en un momento específico, protegerlos de

33 YESSICA L. DIAZ, LAURA S. TORRES, JOHANNA A. SERNA y LUZ I. SOTELO. “Efectos de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional”, en *Información Tecnológica*, vol. 28, n.º 6, 2017, p. 24, disponible en [<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004>].

la reacción de otros compuestos presentes en los alimentos, controlar la evaporación del sustrato, impedir que soporten reacciones de oxidación debido al oxígeno o a la luz, disminuir sabores y olores no deseados o, simplemente, para cambiarlos de estado líquido a un polvo de fácil incorporación en formulaciones secas.

CAPÍTULO TERCERO

METODOLOGÍA

En la actualidad, la existencia de una cantidad elevada de saponina en las diversidades amargas de quinua ha resultado ser el principal obstáculo para su producción y comercialización. Frente a esta realidad se presenta como alternativa el uso de las saponinas de modo industrial, ya que este glucósido ofrece bondades como protector de sustancias coloidales, emulsificador de grasas y aceites e ingrediente de la gaseosa para obtener espuma. Así mismo, la saponina en el ámbito medicinal puede ser utilizada para tratar enfermedades dérmicas y respiratorias, para la producción de hormonas sintéticas que controlen la natalidad y como acción hemolítica, y facilita que este producto orgánico genere mejores ingresos comparado con las medicinas sintéticas.

Este estudio tiene como objetivo concentrar y encapsular las saponinas para darle un interés económico y un valor agregado puesto que, en la actualidad, el conocimiento tecnológico y de gestión que poseen los principales productores es limitado y con esta investigación se espera poder contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida del agricultor andino.

I. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue aplicado con un nivel experimental debido a que se realizó la evaluación de los métodos de extracción de saponinas a partir de 20 cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) para su encapsulamiento.

A. Diseño de investigación

- Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completamente randomizado –DBCR– con cuatro repeticiones y se utilizaron 20 cultivares con la finalidad de determinar el rendimiento de saponinas de los mismos mediante un método adecuado, y así obtener saponinas encapsuladas con fines industriales.

Tabla 2
Repeticiones del M1 y del M2

REPETICIONES	M1 (MICROFILTRACION)					M2 (SECADO)				
I	C6	C10	C7	C11	C12	C4	C6	C3	C17	C14
	C5	C18	C13	C4	C1	C16	C20	C8	C18	C10
	C14	C15	C19	C20	C16	C12	C1	C7	C11	C2
	C9	C8	C2	C17	C3	C19	C13	C5	C15	C9
	C3	C15	C6	C16	C7	C2	C6	C1	C18	C8
II	C17	C2	C9	C14	C5	C4	C16	C15	C7	C5
	C18	C19	C4	C20	C12	C20	C14	C10	C12	C3
	C13	C11	C10	C1	C8	C11	C19	C13	C9	C17
	C20	C8	C5	C2	C12	C15	C16	C4	C12	C8
	C3	C18	C6	C19	C1	C9	C14	C1	C20	C18
III	C9	C7	C14	C10	C11	C5	C3	C2	C11	C19
	C16	C15	C4	C13	C17	C17	C7	C10	C13	C6
	C19	C11	C4	C16	C10	C14	C6	C11	C12	C15
	C9	C13	C1	C2	C3	C17	C2	C1	C19	C8
	C7	C14	C6	C20	C15	C9	C18	C10	C7	C16

iv	C18	C17	C8	C12	C5	C3	C20	C5	C4	C13
	C6	C10	C7	C11	C12	C4	C6	C3	C17	C14
	C5	C18	C13	C4	C1	C16	C20	C8	C18	C10
	C14	C15	C19	C20	C16	C12	C1	C7	C11	C2
	C9	C8	C2	C17	C3	C19	C13	C5	C15	C9

- Diseño estadístico

Se utilizó un diseño estadístico completamente randomizado con arreglo factorial de dos variables (extracción por microfiltración y secado) para evaluar los dos factores de forma simultánea con cuatro repeticiones, lo que permite hacer comparaciones entre los 20 cultivos de quinua, cuyos resultados se evaluaron mediante el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- I = 1, ... a y j = 1
- μ = efecto medio global
- α_i = efecto incremental sobre la media causado por el nivel i del factor A
- β_j = efecto incremental sobre la media causado por el nivel j del factor B
- ϵ_{ij} = término de error

Por otra parte, el análisis de varianza se desarrolló para el estudio de las diferencias de los tratamientos, se utilizó como muestra patrón el valor de la altura de espuma y determinó la concentración de saponinas más adecuada para esta investigación.

Variable independiente: extracción de saponinas.

Niveles de la variable independiente: se tomó en cuenta un DBCR con arreglo factorial (dos factores).

Diseño factorial: 20 x 2 x 4 (160 tratamientos)

Tabla 3
Repeticiones de los tratamientos

REPETICIONES	TRATAMIENTOS	
R1	C1.....C20	C1.....C20
R2	C1.....C20	C1.....C20
R3	C1.....C20	C1.....C20
R4	C1.....C20	C1.....C20

Mediante un diseño de bloques completamente randomizado, se evaluaron las medias de cuatro repeticiones para cada tratamiento cuyo análisis estadístico se hizo para cada cultivar de quinua.

Tabla 4
Análisis de Varianza para un Diseño Completamente Randomizado
-DBCR-

F. V.	S. C.	G.L.	M. C.	F
Factor A	SCA	a - 1	$MCA = SCA / a - 1$	$F_0 = MCA / MCE$
Factor Bloque	SCB	b - 1	$MCB = SCB / b - 1$	
Residual	SCE	$(a - 1)$ $(b - 1)$	$MCE = SCE / (a-1)(b-1)$	
Total	SCT	ab - 1		

Fuente: ERNESTO ANGELES y LOURDES MUNCH. *Métodos y técnicas de investigación*, 5.^a ed., México, D. F., Trillas, 2016.

Dónde:

Suma de cuadrados total

$$\begin{aligned} SCT &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - N\bar{y}^2 = \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N} \end{aligned}$$

Suma de cuadrados explicada debido al factor A

$$\begin{aligned} SC_A &= b \sum_{i=1}^a (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 = b \sum_{i=1}^a \bar{y}_{i.}^2 - N\bar{y}^2 = \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^a y^2_{.i} - \frac{y^2_{..}}{N} \end{aligned}$$

Suma de cuadrados explicada debido al bloque

$$\begin{aligned} SC_B &= a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 = a \sum_{j=1}^b \bar{y}_{.j}^2 - N\bar{y}^2 = \\ &= \frac{1}{a} \sum_{j=1}^b y^2_{.j} - \frac{y^2_{..}}{N} \end{aligned}$$

Suma de cuadrados residual

$$SCE = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + y_{..})^2 = SCT - SC_A - SC_B$$

B. Población y muestra

– Población

Los cultivares de quinua con los que se trabajó (cultivares que tienen mayor contenido de saponinas) fueron los siguientes:

- Amarilla maranganí: C1
- Ayara: C2
- Blanca de Juli: C3
- Canchis Acobamba: C4
- Coyto: C5
- Choclito: C6
- Chullpi: C7
- Huariponcho: C8
- Illapa INIA: C9
- Kcancolla: C10
- Kcancolla de Cabana: C11
- Kcancolla de Mañazo: C12
- Misa quinua: C13
- Morocho Huamanga: C14
- Negra collana: C15
- Pasankalla: C16
- Pasankalla rosada: C17
- Real: C18
- Salcedo INIA: C19
- Witulla: C20

– Muestra

Se consiguieron saponinas en función a 20 cultivares, es decir, de cada cultivar se seleccionaron 20 kg. de quinua, y de cada muestra se consiguieron las saponinas en forma individual, que fueron analizadas por separado. Los 20 cultivares se repartieron en forma equitativa para los 20 tratamientos, lo que correspondió a una muestra por tratamiento. La determinación se efectuó al azar, por lo que no hubo orden por número de tratamiento.

C. Variables

- *Variable independiente (causa):* Extracción de saponina.
- *Variable dependiente (efecto):* Concentración de saponina.

Tabla 5
Operacionalización de variables

Definición nominal	Indicador	Índice
Vi: Causa Extracción de saponina	Cantidad	Concentración

D. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

– Materiales

- Balanza de precisión x 50kg.
- Cámara fotográfica digital
- Costales de polietileno
- Hilos de algodón
- Lapicero
- Libreta de apuntes
- Mantada de polietileno
- Papel bond 80g. A-4

- Plumón n.º 047
- Regla plástica de 30 cm.
- Sobre manila T/oficio

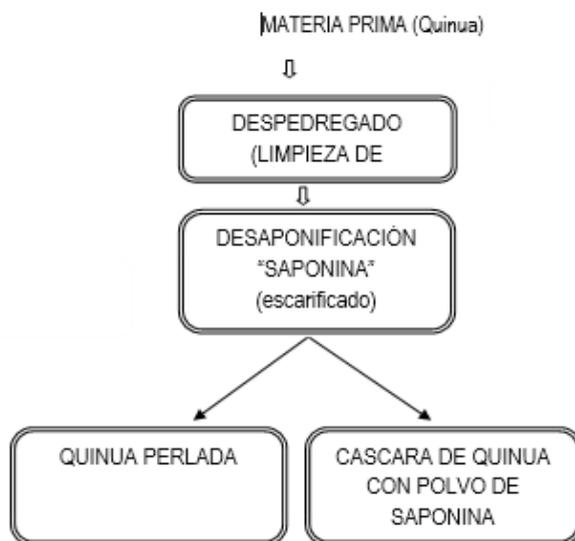
– Procedimiento

1. Se realizó la selección de los 20 cultivares de quinua en estudio.
2. Una vez seleccionado los cultivares se procedió a registrar los pesos y características de los cultivares.
3. Luego se recopiló en la planta de procesamiento el afrecho de cada uno de los cultivares con el cuidado de no mezclarlas.
4. Luego de obtener el afrecho de los 20 cultivares en la planta procesadora, se analizó cada uno de ellos en el laboratorio

E. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Lugar experimental: el análisis se realizó en el Centro Experimental “Camacani” - UNAP y el trabajo de investigación se ejecutó en el Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno y en la empresa agroindustrial TIC PAC-Puno, en Perú.
- Obtención: se usó el mejor sistema de extracción de saponina, y se usó el siguiente método:

Figura 6
Flujograma para la obtención de quinua perlada y saponina



– Descripción del flujograma para la extracción de quinua perlada y afrecho polvillo

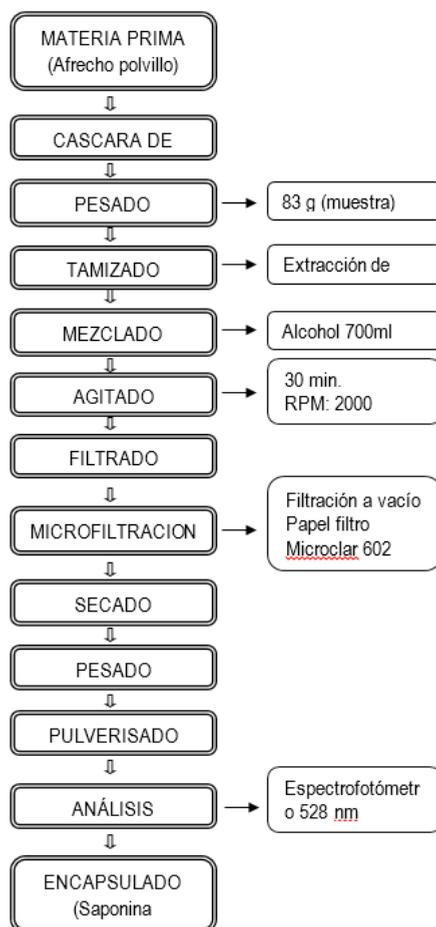
1. Materia prima: para la obtención de saponinas se llevaron a cabo numerosas investigaciones con la participación de distintos profesionales, en donde se llegaron a utilizar todas las variedades de quinua cuyo material genético se originó de los bancos de germoplasma de la UNA - PUNO e INIA.
2. Despedregado: en este proceso se eliminó polvo, pajas y granos de quinua muy pequeños.
3. Escarificado: luego de terminar el despedregado, se pasó a la máquina escarificadora donde se separó el afrecho polvillo del grano de quinua.
4. Afrecho polvillo: compuesto también conocido como cáscara, la cual quedó en la base de la máquina escarificadora.

5. Pesado: se recogió el polvillo afrecho de la base de la maquina es-carificadora con mucho cuidado, siempre verificando que se reco-giera su totalidad, limpiando las paredes de la máquina para poder tener el peso exacto, y cada muestra se pesó utilizando una balanza electrónica.

– Extracción de saponinas a partir del afrecho polvillo

Determinación del solvente y método: se recomendó saponina en agua, sin embargo, presentó complicaciones en el filtrado por la formación de abundante de espuma, la cual perjudicó el proceso, lo que llevó a de-terminaciones erróneas. También se realizó una segunda prueba don-de la misma solución afrecho polvillo – agua, se le sometió a un secador a temperatura constante con el fin de evaporar el agua, pero no resultó ya que las muestras se calcinaron. Este problema fue subsanado con el reemplazo de agua por alcohol, con el objetivo de romper la emulsión que se formó y se llevó al filtrado y se usó papel filtro microclars 602 125; a continuación, se detalló el proceso:

Figura 7
Flujograma para la extracción de saponinas
a partir del afrecho polvillo



– Descripción del flujograma para la extracción de saponina a partir del afrecho polvillo

1. Materia prima: fue el afrecho de quinua que se obtuvo como sub-producto del escarificado de los 20 cultivares de quinua.
2. Pesado: se pesó el afrecho polvillo a cada una de las 20 cultivares a un peso de 83 g. c/u, con el cuidado de que las semillas no se mezclaran.

3. Tamizado: se realizó el tamizado con el objetivo de eliminar posibles impurezas que hayan podido llegar hasta esta etapa.
4. Mezclado: se añadió los 83 g. de sólido en un matraz con 700 ml. de etanol y se agitó para uniformizar el líquido.
5. Agitado: la muestra anterior se llevó a un agitador constante por un tiempo de 30 minutos.
6. Filtrado: después de terminar con el agitado, de manera inmediata se pasó a filtrar el líquido del sólido (afrecho polvillo) para separar el afrecho.
7. Microfiltración: el líquido obtenido del primer filtrado se pasó al microfiltrado en el equipo de filtración utilizando un papel de filtro de n.º 602 con 0,1 de porosidad.
8. Secado: se extrajo la torta con sumo cuidado y se dejó secar en un secador a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de una hora.
9. Pesado: se procedió a retirar las saponinas del papel filtro y se hizo el respectivo pesado para obtener el rendimiento.
10. Pulverizado: se pasó a pulverizar las saponinas obtenidas del microfiltrado.
11. Encapsulado: el encapsulado se realizó en cápsulas de gelatina n.º 1 color transparente con 0,5 g. de contenido de saponinas.

- Materiales

- *Equipos*

- Balanza electrónica de 3 kg.
- Equipo de agitación
- Equipo de filtración a vacío
- Escarificadora

- Espectrómetro

- Secador

– *Insumos*

- Afrecho polvillo

- Agua bidestilada

- Agua destilada

- Etanol

- Saponina pura

- Capsulas de gelatina n.º 01

– *Materiales*

- Bolsas de polietileno

- Crisol

- Cucharilla de acero

- Embudos de vidrio 250 ml.

- Envases de plástico con tapa

- Fiolas de 25 ml.

- Frascos de vidrio (10 y 50 ml.)

- Matraces (50, 125, 250 y 750 ml.)

- Mortero y pilón

- Papel aluminio

- Papel filtro Microclar 602

- Pipeta de 10 ml.

- Probeta de 100 ml.

- Lapicero de tinta indeleble rojo y negro

- Soporte universal

- Tamiz

- Varillas de vidrio

- Vasos precipitados de 600 ml.

F. Locación de estudio

La investigación se realizó en la provincia de Puno, departamento de Puno - Perú, a una altitud de 3.825 m.s.n.m.

Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua...

El proceso referente al pesado, a la preparación de muestras y el pulverizado se realizó en el Laboratorio de Operaciones Básicas de la Escuela Profesional de Agroindustrias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Puno. Mientras que el proceso de extracción y los análisis de espectrometría de masas se realizaron en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Puno.

– Ubicación geográfica

Latitud: 15° 49' 20.48" del Meridiano de Greenwich.

Longitud: 70° 01' 08.76" de la línea ecuatorial.

Altitud: 825 m.s.n.m.

CAPÍTULO CUARTO

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado el experimento que compete a la evaluación de los métodos de extracción de saponina a partir de 20 cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) para su posterior encapsulamiento, los resultados fueron los siguientes:

I. CONTROL DE PESO Y CALIDAD DE LOS 20 CULTIVOS DE QUINUA DESPUÉS DEL DESPEDRADO Y SELECCIONADO

Para este proceso, en principio, se realizó el despedrado y seleccionado, donde se eliminaron pajas, polvo, etc., para luego pasar al control de peso ya que las muestras debieron tener un peso uniforme (20 kg.), tal como se muestra en el anexo 1.

Tabla 6
Resultados del control de peso y calidad

Cultivar	Peso kg.	Perdida kg.	% de peso final
Amarilla Maranganí	20	0,00	100,0
Ayara	20	0,00	100,0
Blanca de Juli	20	0,00	100,0
Canchis Acobamba	20	0,00	100,0
Coyto	20	0,00	100,0
Choclito	20	0,00	100,0

Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua...

Chullpi	20	0,00	100,0
Huariponcho	20	0,00	100,0
Illpa INIA	20	0,00	100,0
Kancolla	20	0,00	100,0
Kancolla de Cabana	20	0,00	100,0
Kancolla de Mañazo	20	0,00	100,0
Misa quinua	20	0,00	100,0
Morocho huamanga	20	0,00	100,0
Negra collana	20	0,00	100,0
Pasankalla	20	0,00	100,0
Pasankalla rosada	20	0,00	100,0
Real	20	0,00	100,0
Salcedo INIA	20	0,00	100,0
Witulla	20	0,00	100,0

II. OBTENCIÓN DEL AFRECHO POLVILLO

Para este proceso se sometieron las muestras a un escarificador donde se eliminó la cáscara, y quedó el afrecho polvillo en la base de la máquina, tal como se muestra en el anexo 2.

Tabla 7
Resultados de la obtención de afrecho polvillo

Cultivar	Peso de quinua entera kg.	Afrecho polvillo kg.	% de peso final afrecho polvillo
Amarilla Maranganí	20	1,8511	9,2555
Ayara	20	0,9523	4,7614
Blanca de Juli	20	0,5284	2,6419
Canchis Acobamba	20	2,1386	10,693

Coyto	20	0,9698	4,848
Choclito	20	0,6396	3,198
Chullpi	20	1,33918	6,6959
Huariponcho	20	1,13316	5,6658
Illpa INIA	20	0,3756	1,878
Kancolla	20	1,5509	7,7545
Kancolla de Cabana	20	0,7472	3,736
Kancolla de Mañazo	20	0,4811	2,406
Misa quinua	20	0,7618	4,362
Morocho Huamanga	20	2,6782	13,391
Negra collana	20	0,5287	2,6435
Pasankalla	20	1,0992	5,4956
Pasankalla rosada	20	0,7472	3,736
Real	20	0,7156	3,578
Salcedo - INIA	20	1,0675	5,338
Witulla	20	0,5786	2,893

III. EXTRACCIÓN DE LA SAPONINA

Para la extracción de saponina polvo se utilizó la totalidad del afrecho polvillo y se obtuvo los siguientes resultados (ver anexo 3):

Tabla 8
Saponina polvo en kilogramos y porcentaje

Cultivar	Afrecho polvillo (kg)	Saponina polvo (kg)	Saponina (%)
Amarilla maranganí	1,8511	0,139390	7,5
Ayara	0,9522	0,034646	3,6
Blanca de Juli	0,5283	0,023233	4,4

Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua...

Canchis Acobamba	2,1386	0,092500	4,3
Coyto	0,9698	0,035520	3,7
Choclito	0,6396	0,0218855	3,4
Chullpi	1,3392	0,0787386	5,9
Huariponcho	1,1332	0,0314019	2,8
Illapa INIA	0,3756	0,0182819	4,9
Kcancolla	1,5509	0,0980991	6,3
Kcancolla de Cabana	0,7415	0,0496711	6,7
Kcancolla de Mañazo	0,4810	0,0122855	2,6
Misa quinua	0,7618	0,0518024	6,8
Morocho Huamanga	2,6782	0,1710176	6,4
Negra collana	0,5287	0,0152240	2,9
Pasankalla	0,8793	0,0628222	7,1
Pasankalla rosada	0,7472	0,0185446	2,5
Real	0,7156	0,0548337	7,7
Salcedo INIA	1,0675	0,0354976	3,3
Witulla	0,5786	0,0539566	9,3

Se logró determinar el etanol como el solvente más apropiado para la extracción de saponinas en una concentración que puede variar desde 6,0 ml/g. hasta 8,4 ml/g.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA SAPONINA OBTENIDA SEGÚN VARIEDAD

- Amarilla Maranganí: las saponinas obtenidas eran de color amarillo y el polvillo era fino y de textura uniforme.
- Ayara: las saponinas obtenidas eran de color verde oscuro, la textura era muy fina y uniforme.

- Blanca de Juli: las saponinas obtenidas eran tenía una coloración crema de textura uniforme.
- Canchis Acobamba: las saponinas obtenidas eran de color naranja degradado y de textura fina y uniforme.
- Coyto: las saponinas obtenidas eran de color naranja intenso, la textura del polvillo era bastante fina y uniforme.
- Choclito: las saponinas obtenidas eran de color crema claro, la textura era variada ya que el polvillo final se cristalizó.
- Chullpi: las saponinas obtenidas tenían una coloración de un rosa bastante tenue y el polvillo final salió cristalizado con algunas partículas en la superficie.
- Huariponcho: las saponinas obtenidas eran de color crema opalescente, la textura del polvillo era bastante fina y uniforme.
- Illpa INIA: las saponinas obtenidas eran de color blanco opalescente de textura uniforme.
- Kcancolla de Cabana: las saponinas obtenidas tenían textura uniforme de color blanco opalescente.
- Kcancolla de Mañazo: las saponinas obtenidas tenían una coloración blanca oscura y de textura uniforme.
- Kcankolla: las saponinas obtenidas eran de color blanco opalescente, de textura fina y uniforme.
- Misa Quinoa: las saponinas obtenidas eran de color amarillento, de textura uniforme y muy fina.
- Morocho Huamanga: las saponinas obtenidas eran de color naranja degradado y de textura fina y uniforme.

- Negra Collana: las saponinas obtenidas eran de color crema oscuro y el polvillo obtenido tuvo una textura arcillosa muy fina y uniforme.
- Pansankalla: las saponinas obtenidas eran de color crema opalescente, de textura fina y uniforme.
- Pasankalla rosada: las saponinas obtenidas eran de color rosado oscuro, de textura uniforme.
- Real: las saponinas obtenidas eran de coloración blanco opalescente y en poca cantidad.
- Salcedo INIA: las saponinas obtenidas eran de color blanco opalescente, de textura fina y uniforme.
- Witulla: las saponinas obtenidas eran de color naranja claro con textura fina y uniforme.

V. CURVA DE CALIBRACIÓN PARA EL ESPECTRÓMETRO

Para la calibración del método espectrométrico se preparó una solución estándar en agua bidestilada. La saponina pura utilizada como patrón tuvo un nivel de pureza del 90% marca Calbiochem, a partir de esta se hicieron las respectivas diluciones de 0,5 hasta el 7,5 mg/l de saponina (ver anexo 4) para la curva de calibración, obteniéndose las siguientes lecturas.

Tabla 9
Curva de calibración

Absorbancia	Concentración mg/l
0,003	1,5
0,008	3,0
0,013	4,5
0,018	6,0
0,027	7,5

En las siguientes figuras, se observa la ecuación de regresión lineal calculada de acuerdo a los datos obtenidos:

Figura 8
Relación de saponina con la absorbancia determinada a 528 nm.

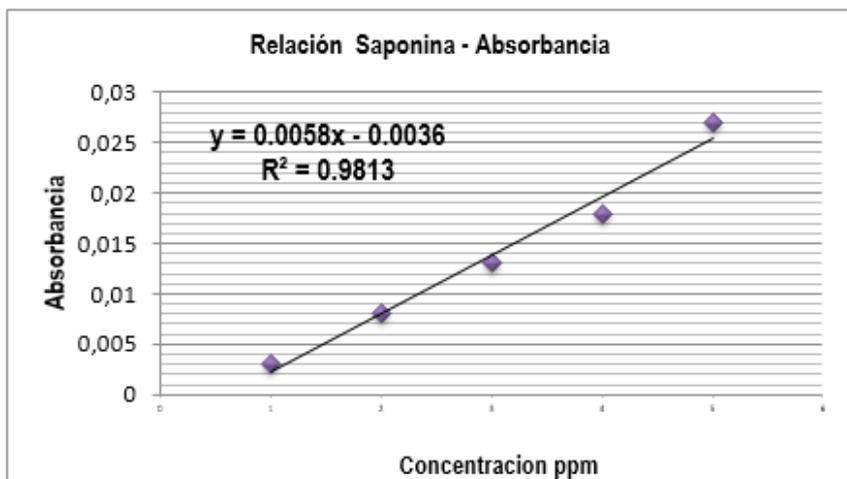
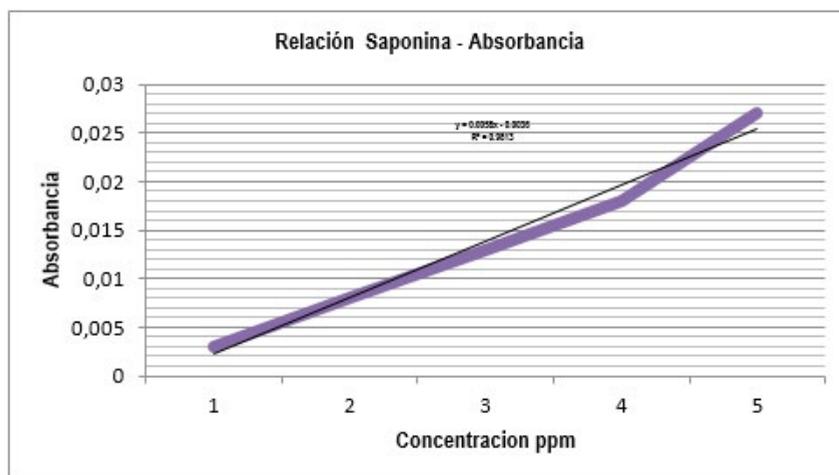


Figura 9
Relación de saponina con la absorbancia



Los resultados del análisis estadístico realizado a la técnica espectrométrica para la cuantificación de saponinas fueron:

El valor de R² se acercó mucho al valor ideal el cual fue 1, lo que indicó que la curva de calibración se aproximó con una línea recta, lo que apunta a una alta correlación entre las variables.

Después de todo el proceso se logró preparar un estándar de saponina total del cual se determinó su concentración.

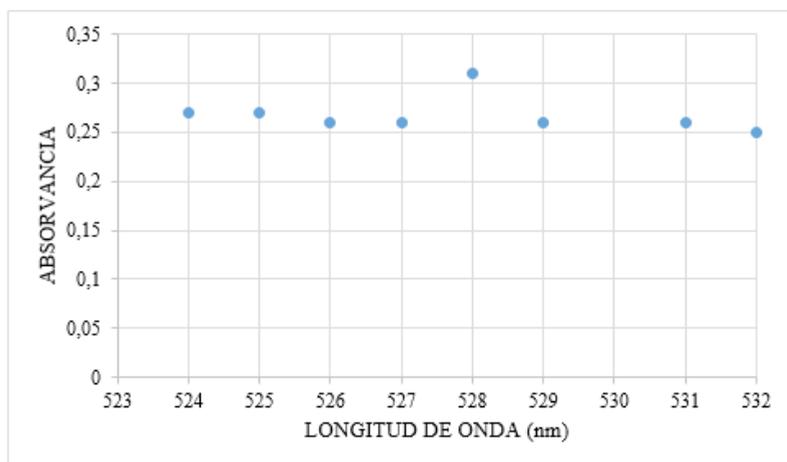
VI. BARRIDO ESPECTRAL

Se preparó una solución de ácido sulfúrico y anhídrido acético en proporciones de 5:1 recientemente preparado. Esta mezcla tiene un color amarillo suave; el barrido espectral se realizó en un espectrómetro Scanning VV de doble haz, marca SQ-2802 Single Bean. Se logró observar la longitud de máxima absorción, la cual se determinó mediante un barrido espectral entre 400 y 600 nm. a una velocidad de 1 nm/s. La máxima absorción se presentó a una longitud de 528 nm.

El color de la muestra pudo ser entendido como la suma de tres colores:

- Color leído = (color de la reacción de saponina) + (color de la muestra de quinua) + (color del reactivo de color), en consecuencia este resultado con el registrado en la literatura.

Figura 10
Barrido de longitud de onda



VII. ANÁLISIS DE MUESTRAS

A. Muestras sólidas

De cada una de las muestras se analizó por cuadruplicado y se determinó el contenido de saponina total promedio para lo cual se disolvió 0,1 g. de saponina polvo en 25 ml. de agua bidestilada y se llevó a lectura al espectrómetro a 528 nm. (ver anexo 5). A continuación, se mostraron los resultados obtenidos:

Tabla 10
Resultados de concentración de saponina sólida

Muestra	% saponina	[] ppm	A°
Amarilla maranganí	0,07	0,17	0,08
Ayara	0,29	0,55	0,262
Blanca de Juli	0,43	0,12	0,057
Canchis Acobamba	0,11	0,19	0,088
Coyto	0,28	0,45	0,216
Choclito	0,46	0,08	0,038
Chullpi	0,13	0,78	0,372
Huariponcho	0,32	0,08	0,037
Illapa INIA	0,55	0,12	0,055
Kcancolla	0,10	0,09	0,041
Kcancolla de Cabana	0,20	0,4	0,191
Kcancolla de Mañazo	0,81	0,11	0,053
Misa quinua	0,20	0,08	0,041
Morocho Huamanga	0,06	0,4	0,191
Negra collana	0,66	0,06	0,027

Pasankalla	0,16	0,2	0,096
Pasankalla rosada	0,54	0,34	0,162
Real	0,18	0,42	0,197
Salcedo INIA	0,28	0,26	0,125
Witulla	0,19	0,4	0,187

Los resultados del análisis estadístico se realizaron con los programas de Excel y *statgraphics plus* realizado a la técnica espectrométrica para la cuantificación de la saponina, estos fueron:

Análisis de regresión - Modelo lineal $Y = a + b * X$

Variable dependiente: Absorbancia

Variable independiente: Concentración

Figura 11
Análisis de regresión - Modelo lineal

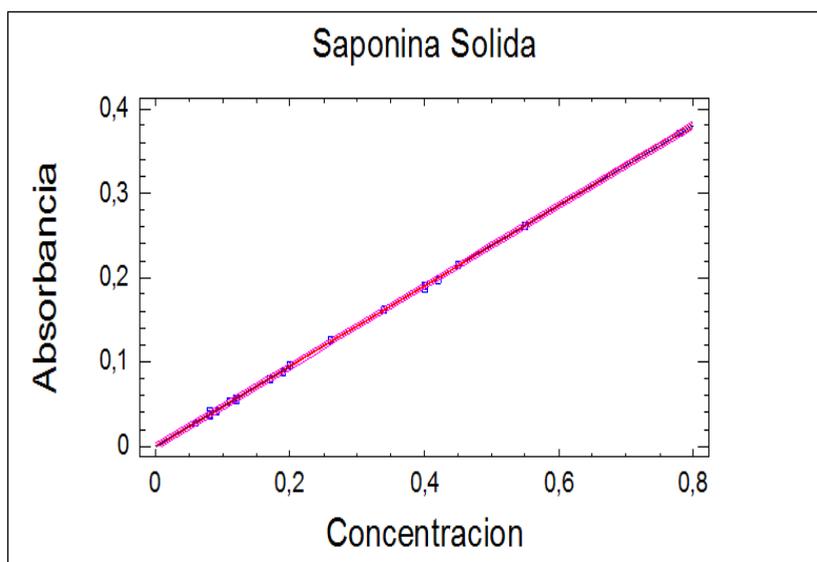


Figura 12
Contenido porcentual de saponina total en muestras secas analizadas

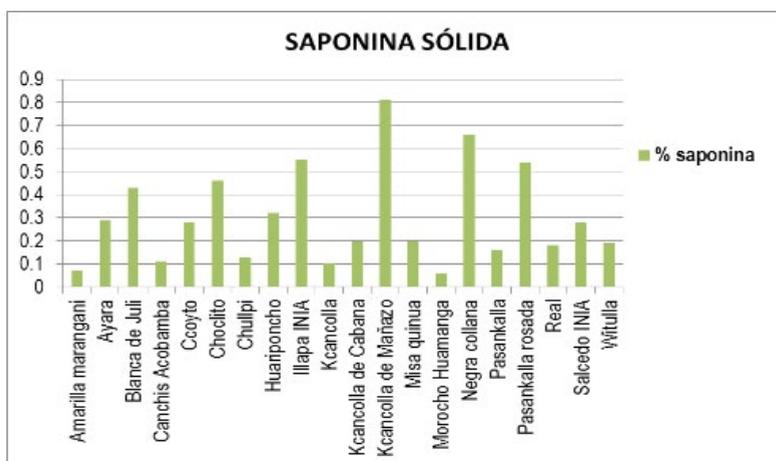


Tabla 11
Análisis de la Varianza para muestras solidas

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	0,165076	1	0,165076	58376,70	0,0000
Residuo	0,0000509			180,0000282778	
Total (Corr.)	0,165127			19	

Coefficiente de correlación = 0,999846

R-cuadrado = 99,9692%

R-cuadrado (ajustado para gl.) = 99,9675 %

Error estándar de est. = 0,0016816

Error absoluto medio = 0,00129278

Estadístico de Durbin-Watson = 1,51451 (P = 0,1397)

Auto correlación residual en Lag. 1 = 0,201293

La salida mostró los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre Y y X. La ecuación del modelo ajustado fue

$$Y = -0,000623962 + 0,477072 * X$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA fue inferior a 0,01, existió relación significativa en el plano estadístico entre Absorbancia y la Concentración para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R-cuadrado indicó que el modelo explica un 99,9692% de la variabilidad en Absorbancia. El coeficiente de correlación fue igual a 0,999846, lo que muestra una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación mostró la desviación típica de los residuos que fue 0,0016816. Este valor se pudo usar para construir límites de la predicción para las nuevas observaciones.

B. Muestras líquidas

De cada una de las muestras se analizó por cuadruplicado y se determinó el contenido de saponina total promedio (anexo 6).

Tabla 12
Resultados de concentración de saponina líquida

Variedad	Absorbancia A°	Concentración mg/l
Amarilla marangani	0,04275	0,0925
Ayara	0,04625	0,0975
Blanca de Juli	0,00725	0,0175
Canchis Acobamba	0,0335	0,07
Coyto	0,08	0,1675
Choclito	0,00775	0,015
Chullpi rojo	0,029	0,0625
Huariponcho	0,01675	0,035
Illpa INIA	0,027	0,0575

Kancolla	0,03025	0,065
Kancolla de Cabana	0,01225	0,0275
Kancolla de Mañazo	0,0165	0,035
Misa quinua	0,0265	0,0575
Morocho huamanga	0,03375	0,07
Negra collana	0,0365	0,0775
Pasankalla	0,02	0,04
Pasankalla rosada	0,0125	0,025
Real	0,01175	0,025
Salcedo INIA	0,03025	0,065
Witulla	0,04375	0,0925

Los resultados del análisis estadístico se realizaron con los programas de Excel y Statgraphics Plus realizado a la técnica espectrométrica para la cuantificación de la saponina, fueron:

Análisis de regresión - Modelo lineal $Y = a + b * X$

Variable dependiente: Absorbancia

Variable independiente: Concentración

Figura 13
Análisis de regresión - Modelo lineal

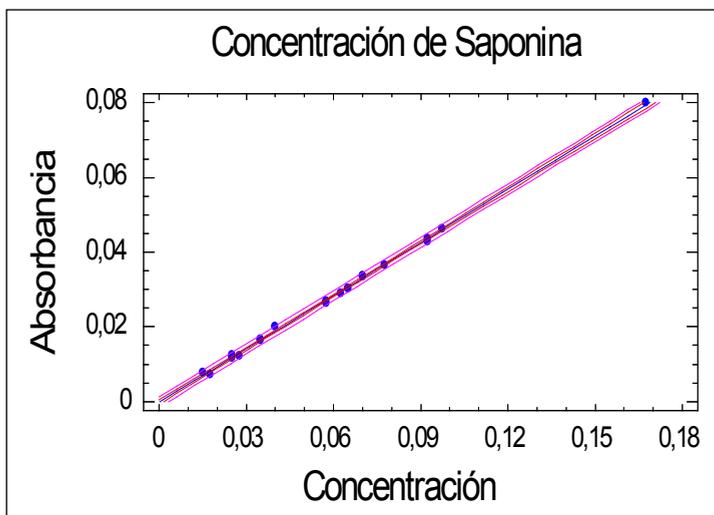


Figura 14
Concentración de saponina líquida en ppm.

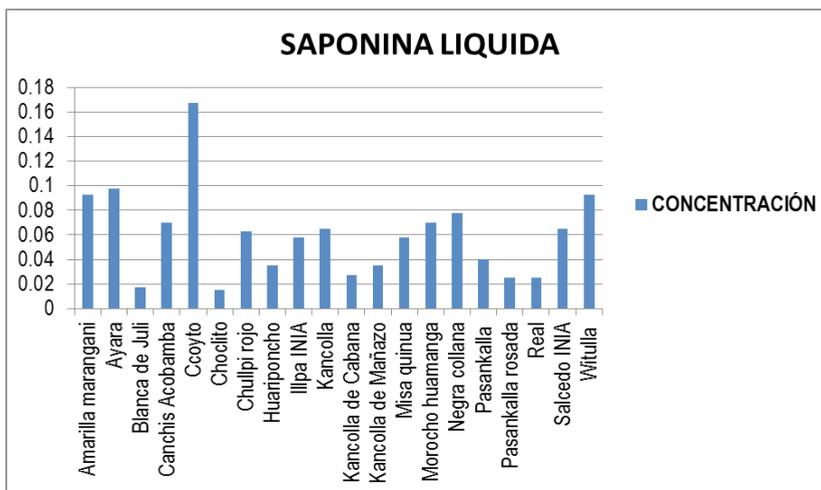


Tabla 13
Análisis de la varianza para muestras líquidas

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	0,00556042	1	0,00556042	14077,03	0,0000
Residuo	0,00000711	18		3,95E-7	
Total (corr.)	0,00556753			19	

Coefficiente de correlación = 0,999361

R-cuadrado = 99,8723%

R-cuadrado (ajustado para gl.) = 99,8652%

Error estándar de est. = 0,00062849

Error absoluto medio = 0,00049389

Estadístico de Durbin-Watson = 1,67463 (P = 0,2269)

Autocorrelación residual en Lag. 1 = 0,0946518

La salida muestra los resultados del ajuste al modelo lineal para describir la relación entre absorbancia y concentración. La ecuación del modelo ajustado fue:

$$Y = -0,000173525 + 0,47508 * X$$

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA fue inferior a 0,01, existió una relación estadística significativa entre absorbancia y concentración para un nivel de confianza del 99%.

El estadístico R-cuadrado indicó que el modelo explica un 99,8723% de la variabilidad en absorbancia. El coeficiente de correlación fue igual a 0,999361, lo que muestra una relación fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación mostró la desviación típica de los residuos que fue 0,00062849.

C. Encapsulamiento

A partir de harina de la saponina en polvo se encapsuló en cápsulas de gelatina n.º 01 color transparente, cada unidad contuvo 0,28 g. En la siguiente tabla se detalló la cantidad obtenida por cada variedad:

Tabla 14
Resultados del encapsulamiento de saponina por variedad

Variedad	Saponina polvo (kg.)	Capsulas (unidad)
Amarilla marangani	0,13939	497
Ayara	0,034646	123
Blanca de Juli	0,023233	82
Canchis Acobamba	0,0925	330
Coyto	0,03552	126
Choclito	0,0218855	78
Chullpi rojo	0,0787386	281
Huariponcho	0,0314019	112
Illpa INIA	0,0182819	65
Kancolla	0,0980991	350
Kancolla de Cabana	0,0496711	177
Kancolla de Mañazo	0,0122855	43
Misa quinua	0,0518024	185
Morocho huamanga	0,1710176	610
Negra collana	0,015224	54
Pasankalla	0,0628222	224
Pasankalla rosada	0,0185446	66

Real	0,0548337	195
Salcedo INIA	0,0354976	126
Witulla	0,0539566	192
Subtotal		3.916
Total		3.524

Al total de las unidades se le restó el 10% por motivos de pérdidas en el momento de la operación.

D. Discusión

Por último, se cumplió con el objetivo de la estandarización del método para la cuantificación de saponinas; sin embargo, se considera que se debería seguir con el estudio de otros métodos más eficientes que puedan abaratar costos y en menor tiempo.

El empleo de etanol para la extracción de saponinas se ve reflejado en el aprovechamiento de estas, lo cual puede explicarse debido a que hay una mínima polaridad, ya que esta propiedad del solvente es la que más afecta el rendimiento de las saponinas. El empleo de agua como solvente con mayor polaridad que los alcoholes se ve limitada por la rápida reacción que presentan las soluciones de afrecho polvillo. De igual manera, el factor sólido/liquido, no es relevante debido a que la relación mínima empleada asegura la humectación total del material

CONCLUSIONES

- La mejor metodología para obtener saponina encapsulada fue la de filtración a vacío con etanol, debido que presenta mejor sensibilidad y correlación entre las variables.
- Se logró determinar que la máxima absorción de la mezcla se presenta a los 528 nm.
- Los extractos de las quinuas con colores pierden su color en función del tiempo, esto podría ser que los pigmentos presentes en el

afrecho polvillo se descomponen en presencia de luz visible, pero esto no afecta al contenido de saponina total de las muestras.

- Se lograron determinar concentraciones de saponina sólida en las muestras analizadas, las cuales van desde 0,06% en el cultivar morocha huamanga hasta 0,81% en el cultivar kancolla de mañazo.
- Se lograron determinar concentraciones de saponina líquida en las muestras analizadas, las cuales van desde 0,015 ppm. en el cultivar choclito hasta 0,1675 ppm. en el cultivar coyto.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el estudio de las saponinas presentes en la quinua, mediante otros métodos instrumentales como lo puede ser la cromatografía líquida de alta eficiencia –CLAE–.
- Ampliar el estudio experimental hacia más variedades de quinua en el país.
- Se recomienda la adquisición de una membrana de 0,001 μm . para realizar la ultrafiltración y obtener una mejor calidad de saponina.

BIBLIOGRAFÍA

- AHUMADA, ANDRÉS; ANDRÉS ORTEGA, DIANA CHITO y RICARDO BENITEZ. "Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*): un subproducto con alto potencial biológico", en *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, vol. 45, n.º 3, 2016, pp. 438 a 469, disponible en [<http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>].
- ANGELES, ERNESTO y LOURDES MUNCH. *Métodos y técnicas de investigación*, 5.ª ed., México, D. F., Trillas, 2016.
- BAZILE, DIDIER; DANIEL BERTERO y CARLOS NIETO. *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*, Santiago de Chile, FAO, 2014, disponible en [<http://www.fao.org/3/a-i4042s.pdf>].
- CAMPOS NAPÁN, JUAN JOSÉ MANUEL. "Maximización de la reducción de saponina en escarificado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) por abrasión aplicando superficie de respuesta", Tesis de pregrado, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018, disponible en [<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3655/campos-napan-juan-jose-manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>].
- CHAPARRO T., LUIS C. y SORAYA O. CASTILLO DE GUERRA. "Procesamiento de jugo de frutas empleando tecnología de membranas", en *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*, vol. 31, n.º 1, 2016, pp. 79 a 90, disponible en [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/15451].
- CORONEL RIVERA, J. y C. MESTANZA UQUILLAS. *Determinación del contenido de saponina y proteína en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) producidos en la Finca Experimental La María*, Quevedo - Los Ríos (Ecuador), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2018, disponible en [<http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/3.-tecnolog%C3%ADa-de-alimentos-nutrici%C3%B3n-y-gastronom%C3%ADa/contenido-de-saponina-y-prote%C3%ADna-en-quinua-ecuador.pdf?sfvrsn=2>].
- CORONEL, MANUEL. *Microfiltración tangencial*, Quito, Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012, disponible en [<http://oaji.net/articles/2015/1783-1426290968.pdf>].

- DIAZ, YESSICA L.; LAURA S. TORRES, JOHANNA A. SERNA y LUZ I. SOTELO. "Efectos de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional", en *Información Tecnológica*, vol. 28, n.º 6, 2017, pp. 23 a 34, disponible en [<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004>].
- DUARTE, GEORGINA. *Espectrometría de masas*, México, UNAM, 2009, disponible en [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/4.1InstrumentacionEspectrometriadeMasas_2462.pdf].
- FAIRLIE REINOSO, ALAN. "La quinua en el Perú. Cadena exportadora y políticas de gestión ambiental", en *Cuadernos de Investigación Kawsaypacha*, n.º 6, Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016, disponible en [<http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/54092>].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA –FAO–. *Guía de cultivo de la quinua*, Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016, disponible en [<http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA –FAO–. *Biodiversidad de la quinua*. 2020, disponible en [<http://www.fao.org/in-action/quinoa-platform/quinoa/biodiversidad-de-la-quinua/es/>].
- FLORES RUBIO, CINTIA. "Espectrometría de masas de alta resolución y en tándem. Análisis de alto rendimiento de contaminantes orgánicos emergentes en agua", Tesis doctoral, Barcelona, Universidad de Barcelona, 2015, disponible en [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/98190/1/CFR_TESIS.pdf].
- FOY VALENCIA, ENZIO; DÉBORA McDONALD, MARGOT CUYOS y RUTH DUEÑAS. "Extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*", en *Biotiempo*, vol. 5, 2005, pp. 31 a 36, disponible en [<http://www.urp.edu.pe/pdf/biologia/SAPONINAS.pdf>].
- GARCÍA PARRA, MIGUEL ÁNGEL; NUBIA ZORAIDA PLAZAS LEGUIZAMÓN, DIANA CAROLINA CARVAJAL RODRÍGUEZ, SHAYLA CAYET FERREIRA TORRADO y JOEL DAVID PARRA. "Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en relación con el suelo y el clima: una revisión", en *Informador Técnico*, vol. 82, n.º 2, 2018, pp. 241 a 249, disponible en [<http://doi.org/10.23850/22565035.1451>].
- HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, JOSÉ. "La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus", en *Revista Cubana de Endocrinología*, vol. 26, n.º 3, 2015, pp. 304 a 312, disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532015000300010].

- MENA VALDÉS, LICET; BEATRIZ TAMARGO SANTOS, EVA SALAS OLIVET, LUIS ENRIQUE PLAZA PAREDES, YISEL BLANCO HERNÁNDEZ, ANSELMO OTERO GONZÁLEZ y GUSTAVO SIERRA GONZÁLEZ. “Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus Saponaria* L. (jaboncillo)”, en *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 20, n.º 1, 2015, pp. 106 a 116, disponible en [<http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v20n1/pla10115.pdf>].
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Quinua. Un futuro sembrado hace miles de años. Memoria del Año Internacional de la Quinua en el Perú*, Lima, MINAGRI, 2014, disponible en [<http://repositorio.promperu.gob.pe/handle/123456789/1489>].
- PADRÓN PEREIRA, CARLOS ALBERTO; RAFAEL OROPEZA GONZÁLEZ y ADRIANA MONTES HERNÁNDEZ. “Semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*): composición química y procesamiento. Aspectos relacionados con otras áreas”, en *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 5, n.º 2, 2014, pp. 166 a 218.
- PANCHANA TIGRERO, DARÍO RAFAEL y ANMAR MADELEIN VELÁSQUEZ CHALCO. “Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de *mimusops* sp en dos estados de maduración”, Tesis de pregrado, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2018, disponible en [<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33759/1/BCIEQ-T-0319%20Panchana%20Tigrero%20Dar%20C3%ADo%20Rafael%3B%20Vel%20C3%A1squez%20Chalco%20Anmar%20Madelein.pdf>].
- RAMÍREZ MIRANDA, DURGA; EDNA RAMÍREZ MIRANDA y LUZ SÁENZ ARANA. “Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014)”, en *Investigaciones Sociales*, vol. 20, n.º 36, 2016, pp. 231 a 246, disponible en [<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociales/article/view/12993/11603>].
- RODRÍGUEZ ÁLVAREZ, ARY. “Extracción de saponinas a partir de la *Furcraea hexapetala* y estudio de sus propiedades como insecticida”, Tesis de pregrado, Santa Clara, Cuba, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2016, disponible en [<http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7295/Ary%20Rodr%20C3%ADguez%20Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>].
- SOLÍS CARVAJAL, CARLOS ANDRÉS; CARLOS ANTONIO VÉLEZ PASOS y JUAN SEBASTIÁN RAMÍREZ NAVAS. “Tecnología de membranas: ultrafiltración”, en *Entre Ciencia e Ingeniería*, año 11, n.º 22, 2017, pp. 26 a 36, disponible en [<http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v11n22/1909-8367-ecei-11-22-00026.pdf>].
- URES RODRÍGUEZ, PABLO; ALFREDO JÁCOME BURGOS y JOAQUÍN SUÁREZ LÓPEZ. *Filtración en membrana y ósmosis inversa (FT-TER-005)*, La Coruña – España, Universidad de la Coruña, 2015, disponible en [<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Filtraci%C3%B3n+en+membrana+y+%C3%B3smosis+inversa.pdf/c6e09095-3730-c07e-42e8-3f9db4f7e28b>].

Métodos de extracción de las saponinas en cultivos de quinua...

ZAPANA YUCRA, FRANKLYN ELARD; JOHANNES DE BRUIJN y PEDRO MIGUEL AQUEVEQUE MUÑOZ. *Aplicación de la saponina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) como agente antifúngico en frutas y hortalizas*, 2016, disponible en [<http://www.indap.gob.cl/docs/default-source/vii-congreso-quinua/ejes-tematicos/sistemas-productivos-tecnolog%C3%ADa-e-innovaci%C3%B3n/saponina-de-quinua-como-agente-antif%C3%BAngico-en-frutas-y-hortalizas-chile.pdf?sfvrsn=2>].

ZARATE SULLCA, SUZAN ERIKA. "Evaluación del método de extracción sólido - líquido de la saponina de 5 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), su encapsulamiento y utilización en la alimentación", Tesis de pregrado, Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano Puno, 2016, disponible en [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2432/Zarate_Sullca_Suzan_Erika.pdf?sequence=1&isAllowed=y].

ANEXOS

ANEXO 1

Figura 15
Despedrado y seleccionado de muestras - CIP CAMA CANI



Figura 16
Pesado de las muestras - CIP CAMA CANI



ANEXO 2

Figura 17
Escarificado de las muestras - Planta agroindustrial TIC PAC



Figura 18
Obtención de afrecho polvillo - Planta agroindustrial TIC PAC

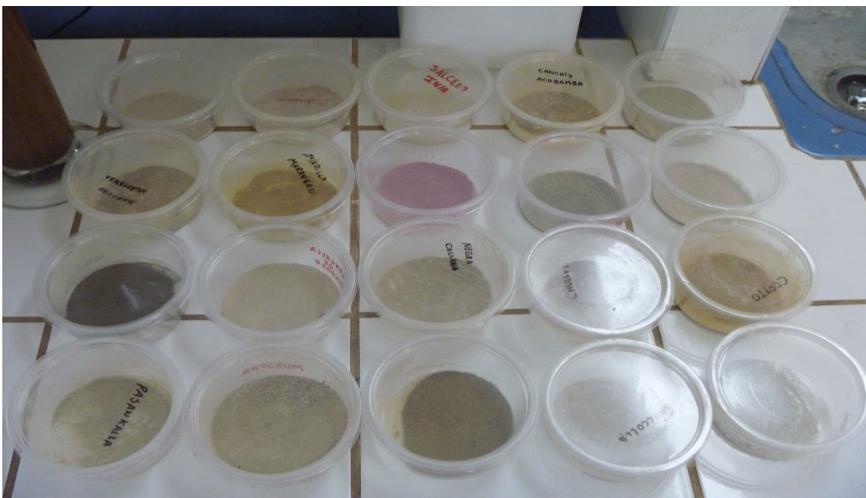


ANEXO 3

Figura 19
Filtrado de muestra - Lab. procesos unitarios - Ingeniería química - UNA



Figura 20
Saponina polvo - Lab. Escuela de Agroindustrias UNA



ANEXO 4

Figura 21
Disoluciones para la curva de calibración - Lab. Aguas -
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



Figura 22
Saponina Pura al 90% - Lab. Aguas -
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



ANEXO 5

Figura 23
Pesado de muestras sólidas - Lab. Aguas -
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



Figura 24
Solución la muestra sólida en agua bidestilada - Lab. Aguas -
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



ANEXO 6

Figura 25
Muestras listas para ser analizadas -
Lab. Procesos Unitarios, Ingeniería Química - UNA



Figura 26
Lectura en el espectrómetro - Lab. Procesos Unitarios -
Ingeniería Química - UNA



Figura 27
Pesado de muestras para encapsulado - Lab. Aguas -
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



Figura 28
Saponina Encapsulada - Lab. Aguas,
Escuela Académico Profesional de Agronomía - UNA



LOS AUTORES

ALFONSO RUIZ RODRÍGUEZ

alfonsoruizrodriguez552@gmail.com

Ingeniero en Industrias Alimentarias egresado de la Universidad Nacional del Centro del Perú. En la actualidad labora en la Universidad Nacional de Huancavelica. Docente en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Actualmente desarrolla el proyecto de investigación titulado “Obtención de aceite de 10 variedades de quinua y determinación de la capacidad antioxidante en la provincia de Acobamba”.

FRANKLIN ORÉ ARECHE

franklinore84@gmail.com

Nació en la provincia de Acobamba, Huancavelica, en el año 1985. Cursó sus estudios primarios en la Institución Educativa José Antonio Encinas Franco, los estudios secundarios en la Institución Educativa San Francisco de Asís y los estudios universitarios en la Universidad Nacional de Huancavelica (Perú), en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de su natal ciudad.

Es Magíster en Agronegocios y Comercio Internacional y labora como docente en la Universidad Nacional de Huancavelica, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, donde desarrolla investigaciones en las líneas de Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Fermentaciones industriales.

CARMEN TAIPE LUCAS

carmen.taipe.lucas@hotmail.com

Bachiller en Agroindustrias por la Universidad Nacional de Huancavelica. Título de Ingeniera Agroindustrial por la Universidad Nacional de Huancavelica. Magíster en Ciencias de Ingeniería con mención en Agronegocios y Comercio Internacional por la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.



Editado por el Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–,
en julio de 2020

Se compuso en caracteres Cambria de 12 y 9 pts.

Bogotá, Colombia