

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR. WILMAN RUÍZ VIGO”

CARRERA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**Comparación de la concentración de saponinas entre
Chenopodium quinoa “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”**

Wilder Burga Santisteban

Cristhian Percy Sangay Cruzado

Asesora:

Mg. Q.F. Patricia Ivonne Minchán Herrera

Cajamarca – Perú

Octubre – 2018

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR. WILMAN RUÍZ VIGO”

CARRERA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**Comparación de la concentración de saponinas entre
Chenopodium quinoa “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”**

Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requerimientos para optar el
Título Profesional de Químico Farmacéutico

Bach. Wilder Burga Santisteban

Bach. Cristhian Percy Sangay Cruzado

Asesora: Mg. Q.F. Patricia Ivonne Minchán Herrera

Cajamarca – Perú

Octubre – 2018

COPYRIGHT © 2018 by

Wilder Burga Santisteban

Cristhian Percy Sangay Cruzado

Todos los derechos reservados

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO EVALUADOR:

Dando cumplimiento a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos Profesionales en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo de Cajamarca, sometemos a vuestro elevado criterio el presente trabajo de investigación intitulado:

Comparación de la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”.

Es propicia esta oportunidad para manifestar nuestro sincero reconocimiento a nuestra Alma Mater y a toda su plana docente, que con su capacidad y buena voluntad contribuyeron a nuestra formación profesional.

Señores miembros del jurado, dejamos a su disposición la presente tesis para su evaluación y sugerencias.

Cajamarca, octubre del 2018

Wilder Burga Santisteban
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Cristhian Percy Sangay Cruzado
BACH. EN FARMACIA Y BIOQUÍMICA

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

“DR. WILMAN RUÍZ VIGO”

CARRERA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO

**Comparación de la concentración de saponinas entre
Chenopodium quinoa “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”**

JURADO EVALUADOR

Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda
PRESIDENTE

Mg. Q.F. Fredy Martos Rodríguez
MIEMBRO

Mg. Q.F. Patricia Ivonne Minchán Herrera
MIEMBRO

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada principalmente al divino creador Dios; al mismo tiempo, es de vital importancia mencionar a mis queridos y adorables padres quienes de una u otra manera me ayudaron en mis estudios secundarios y me inculcaron para seguir estudiando y culminar mi carrera profesional. De igual manera, a mis hermanos y tíos, quienes con sus consejos, valores y ejemplos de otros familiares que estudiaron, se esforzaron y llegaron a trabajar, ocupando puestos de jefaturas y admiradores en diferentes empresas; me motivaron y me apoyaron de manera incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, para hoy realizar uno de mis tan anhelados sueños.

Wilder

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a Dios, por darme la vida, la salud y el bienestar físico y mental. Al mismo tiempo es muy importante hacer mención a mis padres, quienes considero que son los mejores, gracias a ellos es que pude estudiar y culminar mi carrera profesional. De otro lado a mi hermano, quien de buena voluntad y apoyo incondicional, me aconsejó y me motivó para seguir estudiando, para hoy llegar a ser lo que soy. Gracias a todos los que estuvieron conmigo en los momentos buenos y malos, ya que sin su apoyo, nunca se hubiera hecho realidad uno de mis anhelados sueños.

Cristhian Percy

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por iluminarnos, darnos los conocimientos necesarios y las fuerzas, para terminar nuestra carrera profesional, asimismo agradecer a nuestros padres por el apoyo tanto moral como económico, sin esperar nada a cambio.

Al jurado evaluador de tesis: Dra. Q.F. Martha Adriana Sánchez Uceda, Mg. Q.F. Fredy Martos Rodríguez y Mg. Q.F. Patricia Ivonne Minchán Herrera por sus aportes en este trabajo de investigación. Asimismo agradecer a nuestros distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética, nos transmitieron sus conocimientos que nos servirán más adelante para nosotros también trasmitirlos a la sociedad que lo necesita.

A nuestra asesora Mg. Q.F. Patricia Ivonne Minchán Herrera, quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea durante el proceso de realización de esta tesis. Agradecer además por brindarnos el tiempo necesario y la paciencia oportuna para que este trabajo de investigación llegue a ser realizado.

Wilder y Cristhian Percy

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal comparar la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”, para lo cual se contó con semillas de quinua amarilla común y frutos de choloque como muestras de estudio, adquiridas de la provincia de San Marcos Región Cajamarca. La identificación de las saponinas en ambas muestras se hizo a través de las reacciones colorimétricas de Lieberman-Burchard, de Salkowski y la prueba de α – naftol, y por el método de formación de espuma (presencia de saponinas); mientras que la concentración de las mismas se cuantificó por los métodos afrosimétrico y espectrofotométrico. Los resultados arrojaron presencia de saponinas en las semillas de quinua como en los frutos de choloque, según las reacciones colorimétricas ensayadas y la formación de espuma (4,1 cm para quinua y 6,8 cm para choloque); asimismo, por el método afrosimétrico se cuantificó 0,49% de saponinas en quinua y 0,87% en choloque, y mediante el método espectrofotométrico: 0,55% para la quinua y 0,91% para el choloque; porcentajes con diferencias significativas ($P < 0,05$) como lo contrastó el análisis estadístico del T-student. Ello permitió concluir que los frutos de *Quillaja saponaria* “choloque”, tienen mayor concentración de saponinas en comparación a las semillas de *Chenopodium quinoa* “quinua”.

Palabras claves: Saponinas, *Chenopodium quinoa* “quinua”, *Quillaja saponaria* “choloque”.

ABSTRACT

The main objective of this research work was to compare the concentration of saponins between *Chenopodium quinoa* “quinua” and *Quillaja saponaria* “choloque”, for which seeds of common yellow quinoa and choloque fruits were included as study samples, acquired from the province of San Marcos Region Cajamarca. The identification of saponins in both samples was done through the colorimetric reactions of Lieberman-Burchard, Salkowski and the α -naphthol test, and by the method of foam formation (presence of saponins); while the concentration thereof was quantified by the arosimetric and spectrophotometric methods. The results showed presence of saponins in the quinoa seeds as in the choloque fruits, according to the colorimetric reactions tested and the formation of foam (4,1 cm for quinoa and 6,8 cm for choloque); likewise, by the afrosimetric method, 0,49% of saponins in quinoa and 0,87% in choloque were quantified, and by the spectrophotometric method: 0,55% for quinoa and 0,91% for choloque; percentages with significant differences ($P < 0,05$) as contrasted by the statistical analysis of the T-student. This allowed concluding that the fruits of *Quillaja saponaria* “choloque” have a higher concentration of saponins compared to the seeds of *Chenopodium quinoa* “quinua”.

Key words: Saponins, *Chenopodium quinoa* “quinua”, *Quillaja saponaria* “choloque”.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| PRESENTACIÓN | IV |
| JURADO EVALUADOR | V |
| DEDICATORIA | VI |
| AGRADECIMIENTO | VIII |
| RESUMEN | IX |
| ABSTRACT | X |
| ÍNDICE | XI |
| LISTA DE TABLAS | XIII |
| LISTA DE GRÁFICOS | XIV |
| LISTA DE FIGURAS | XV |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 01 |
| II. MARCO TEÓRICO | 05 |
| 2.1. Antecedentes teóricos de la investigación | 05 |
| 2.2. Bases teóricas | 11 |
| | |
| III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 38 |
| 3.1. Unidad de análisis, universo y muestra | 38 |
| 3.2. Métodos de investigación | 39 |
| 3.3. Técnicas de investigación | 41 |
| 3.4. Instrumentos, equipos, materiales y reactivos | 50 |
| 3.5. Técnicas de análisis de datos | 51 |

| | |
|---|----|
| IV. RESULTADOS | 52 |
| V. DISCUSIÓN | 57 |
| VI. CONCLUSIONES | 61 |
| VII. RECOMENDACIONES | 62 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 63 |
| ANEXOS | 71 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA N° 01: Identificación de saponinas por reacciones colorimétricas en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” | 52 |
| TABLA N° 02: Identificación de saponinas mediante formación de espuma en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” | 53 |
| TABLA N° 03: Concentración de saponinas en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” mediante el método afrosimétrico | 54 |
| TABLA N° 04: Concentración de saponinas en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” mediante el método espectrofotométrico | 55 |
| TABLA N° 05: Resultado del T- Student sobre la concentración de saponinas en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” | 56 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| GRÁFICO N° 01: Identificación de saponinas mediante formación de espuma en <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” | 53 |
| GRÁFICO N° 02: Concentración de saponinas en <i>Chenopodium Quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” mediante el método afrosimétrico | 54 |
| GRÁFICO N° 03: Concentración de saponinas en <i>Chenopodium Quinoa</i> “quinua” y en <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” mediante el método espectrofotométrico | 55 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 01: Esquema de la estructura general de las saponinas | 24 |
| Figura N° 02: Estructura general de las saponinas | 26 |
| Figura N° 03: Esqueleto de la saponina alcaloidea | 27 |
| Figura N° 04: Esqueleto triterpenoide pentacíclico | 28 |

I. INTRODUCCIÓN

Las saponinas son glucósidos esteroidales o triterpénicos, que se caracterizan por tener abundante espuma; y a la vez, son sustancias terciarias de elevado peso molecular, neutras o ligeramente ácidas, que se utilizan en champús, detergentes y agentes emulsificantes, tienen actividad antibiótica y son tóxicas a los peces e insectos, y en especies mamíferas bajan el nivel de colesterol, son aparentemente no tóxicas al hombre, debido a que se quedan en el tracto gastrointestinal y podrían ser importantes en la dieta humana para reducir el riesgo de enfermedades coronarias.^{33,34}

La quinua, fue durante siglos el alimento básico de los incas hasta que la llegada de los españoles en 1532, la llevó al ostracismo en beneficio de otros cultivos como el maíz o la patata. Es una planta de hojas anchas pertenecientes a la misma familia que la remolacha, las espinacas y las acelgas de la que se aprovechan tanto las hojas cocinadas, como verdura fresca o como sus semillas. Las semillas contienen vitaminas, minerales, fitoquímicos, aminoácidos y ácidos grasos no saturados; además, de ser ricas en fibra, con la ventaja de que al no tener gluten puede ser ingerida incluso por pacientes que padecen de enfermedad celíaca y ser aprovechada por niños pequeños, en forma de papilla.^{4,5}

Por otro lado, el choloque es un árbol pequeño a mediano, siempre verde, que alcanza los 16 m de altura, la pulpa de los frutos contiene gran cantidad (30%) de una sustancia llamada saponina, que al estrujar los frutos, estos hacen espuma la

cual ha sido utilizada como jabón para lavar la ropa, el que también podía obtenerse al cortar la pulpa y ponerla en agua para producir la espuma; además, se usa en perfumería y farmacia (tinturas y emplastos). El cocimiento de la corteza se puede usar como sudorífico y diurético, las semillas molidas se usan como insecticidas, por lo que se considera prohibido para el consumo humano. Debido a su dureza, se han usado en artesanías para hacer collares y rosarios, y como canicas para el juego de los niños.²³

Las saponinas tienen propiedades tensoactivas, que son excelentes agentes espumantes; de ahí que algunos tipos son tóxicos en grandes dosis, pero en su mayoría son seguras y pueden ser beneficiosas para la salud. Su presencia en las especies vegetales se detecta por su actividad hemolítica y su habilidad para formar espuma en soluciones acuosas. La naturaleza ofrece las posibilidades de utilizar sus recursos naturales a nivel industrial y farmacéutico; en este caso las saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”, podrían ser útiles en la elaboración de champús con alguna propiedad farmacológica o en lo posible para la explotación industrial; asimismo, se tendrían que fomentar no solo su extracción y purificación, sino también, incentivar la siembra de estas especies, ya sea del choloque, como de quinua antigua, conocida como quinua amarga (por su sabor amargo al paladar), la misma que se ha visto denigrada en su cultivo, por la presencia de estas sustancias, razón por la que a la actualidad ha sido remplazada por otras semillas con menor concentración de saponinas, sin considerarse los usos que se les puede dar, no solo a nivel industrial sino también a nivel farmacéutico.^{6,7,10}

En tal sentido, el presente trabajo de investigación tuvo como propósito, establecer y comparar la concentración de saponinas de las cascarillas de semillas de *Chenopodium quinoa* “quinua”, con las saponinas de las cortezas de los frutos de *Quillaja saponaria* “choloque”, con la finalidad de demostrar que dichas especies poseen un alto contenido de saponinas, y en especial las de la quinua que hasta la fecha no se ha dado mucha importancia; la que a la vez, podría usarse en diferentes campos como el industrial y farmacéutico, o hacer estudios para determinar, si éstas podrían tener algún efecto antimicrobiano, antimicótico o cualquier otro efecto terapéutico.

Frente a ello, se formuló el siguiente problema de investigación:

¿Tendrá mayor concentración de saponinas *Quillaja saponaria* “choloque” en comparación con *Chenopodium quinoa* “quinua”?

Planteándose los siguientes objetivos:

- **Objetivo general:**
 - Comparar la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”.

- **Objetivos específicos:**
 - Identificar cualitativamente la presencia de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque”, mediante las reacciones de coloración y formación de espuma.

- Cuantificar la concentración de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método afrosimétrico.
- Cuantificar la concentración de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método espectrofotométrico.

Con el propósito de dar respuesta a los objetivos planteados se formuló la siguiente hipótesis:

Quillaja saponaria “choloque” tiene mayor concentración de saponinas en comparación con *Chenopodium quinoa* “quinua”.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

Ahumada A et al (2016)¹ mencionan en su estudio “Las saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico”, que la quinua es una planta que ha alcanzado un valioso reconocimiento por ser una fuente de alimentos altamente nutritivos, así como una especie rica en saponinas triterpénicas contenidas, principalmente, en la cáscara de las semillas. A la fecha, se han identificado alrededor de 30 saponinas derivadas de la hederagenina y de los ácidos oleanólico, fitolacagénico y serjánico en la planta. El consumo del grano de quinua implica la remoción de la cáscara a fin de reducir su sabor amargo, la ingesta de niveles residuales de saponinas y la obtención de un subproducto rico en las mismas. Además, reportaron porcentajes de saponinas menores al 0,11% para las quinuas dulces y porcentajes superiores al 0,11% para las quinuas amargas.

Lozano M et al (2012)¹⁷ realizaron la cuantificación de saponinas en residuos de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua real”; el trabajo se realizó para la cuantificación del rendimiento de extractos y de saponinas en residuos de escarificado generados en empresas exportadoras de quinua de los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, determinándose que los rendimientos de extracción variaron desde 36,0% hasta 39,4% p/p, mientras que el porcentaje de saponinas en el extracto varió desde 47,3% hasta 56,2%

y saponinas en el mojuelo desde 17,3% hasta 22,1%. El porcentaje de saponinas se determinó utilizando los métodos de Espuma, Espectrofotométrico (UV) y por cromatografía (HPLC), observándose que no hay grandes diferencias entre los 3 métodos aunque el método por cromatografía es el que tiene menos error y debería utilizarse como método de control.

Guzmán B et al (2013)¹⁵ hicieron un estudio sobre la cuantificación de saponinas en muestras de *Chenopodium pallidicaule* Aellen “cañihua”. El estudio consistió en la cuantificación de saponinas en extractos acuosos de 15 muestras de cañihua provenientes del Banco de Germoplasma PROINPA - La Paz, dos muestras adicionales, una muestra de quinua (*Chenopodium quinoa*) y otra de una especie reportada por su alto contenido de saponina denominada “quentu” (*Rumex acetosella*). Para la determinación y cuantificación de saponinas en las muestras se empleó el método de espuma; los valores encontrados fueron entre 7,5 y 21,5 mg/g para la cañihua, por el método espectrofotométrico UV/VIS, el rango determinado para el contenido de saponina fue de 8,7 a 43,2 mg/g (0,87 a 4,32%), observándose la diferencia que existe entre ambos métodos para la cuantificación. Adicionalmente se analizaron dos muestras, una de quinua desgrasada (muestra 16) y otra de quentu (muestra 17), ésta última con una apreciable cantidad de saponina 121,6 mg/g de muestra.

Asimismo, **Taranco M et al (2005)**²⁹ dieron a conocer la extracción de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” para su utilización en la elaboración de productos cosméticos, cuyo objetivo principal fue la obtención de extractos de saponinas a partir de la cascarilla de la quinua, para su uso como tensoactivo en la formulación de productos cosméticos como champús. Para la extracción de las saponinas se utilizó un sistema de extracción con Soxhlet y se obtuvo un extracto acuoso, en donde la presencia de saponinas fue evaluada por métodos como el afrosimétrico, para posteriormente elaborar productos cosméticos como champú y jabón líquido, cuya formulación se realizó de modo que mantuviera sus propiedades detergentes; y a la vez, se ajustaran a las normas del Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación (ITINTEC) que rigen la fabricación de dichos productos.

Por otra parte **Amambal E y Vega E (2017)**³ determinaron el efecto molusquicida del liofilizado de saponinas triterpénicas obtenidas de las cáscaras de los frutos de *Sapindus saponaria* L. “choloque” frente a hospederos intermediarios de *Fasciola hepática*. El objetivo fue evaluar el efecto molusquicida del liofilizado de las saponinas triterpénicas obtenidas a partir de las cáscaras de *Sapindus saponaria* L. “choloque” frente a caracoles del género *Lymnaea*, con la finalidad de interrumpir el ciclo biológico de *Fasciola hepática*, mediante el método de fraccionamiento en Sistema Soxhlet, a partir de los frutos de *Sapindus saponaria* L. se obtuvo un crudo de saponinas, las cuales fueron liofilizadas y luego diluidas a diferentes

concentraciones para luego enfrentarlos a caracoles del género *Lymnaea* y de esta manera determinar el efecto molusquicida de las saponinas triterpénicas. Los resultados mostraron que el porcentaje de saponinas triterpénicas obtenidas de las cáscaras de los frutos de *Sapindus saponaria* L. “choloque”, fue de 4,35% y en cuanto a la eficacia de las saponinas liofilizadas fue estadísticamente significativa con respecto al tiempo ($p = 0,000038$) con un porcentaje del 100% a una concentración de 220 ppm durante 48 horas, frente a caracoles criados en condiciones de laboratorio.

Usiña K (2017)³² realizó un análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”. El desarrollo del trabajo se realizó en dos fases; en la primera se obtuvo crudos de saponinas del pericarpio seco y molido de *Sapindus saponaria* L. mediante extracción por maceración, en función de las variables independientes: solventes (Agua y Agua/Etanol 50:50) y tiempo de extracción (24, 48 y 72 horas). La cuantificación por HPLC determinó que los crudos con mayor concentración de saponinas fueron a tiempos de extracción de 48 y 72 horas (3,7 – 8,5 % de saponinas). En la fase 2 se evaluó las características de las saponinas de los crudos con mayor concentración y su poder surfactante; los resultados obtenidos indicaron que los crudos de saponinas presentaron propiedades similares a los surfactantes comerciales de comparación Tween20 y Tween80. La prueba de espuma indicó que el contenido de saponinas es similar al obtenido por HPLC, los índices de acidez y saponificación fueron superiores al valor de los surfactantes comerciales. Los

crudos presentaron una alta actividad hemolítica y son moderadamente tóxicos de acuerdo al ensayo de toxicidad con *Artemia salina*. Su valor de HLB fue de 17,4 por lo que presentaron actividad emulsificante aceite/agua solubilizante, disminuyeron la tensión superficial del agua destilada en un 40,08% y su CMC fue de 45,05 mg/L.

Alarcón K (2016)² realizó “Extracción de saponinas del fruto de la *Sapindus saponaria* (choloque) y sus aplicaciones”. El trabajo comprendió el estudio de diferentes métodos con la finalidad de determinar el más eficiente y viable para la extracción de saponinas del fruto *Sapindus saponaria* (choloque) y su posible utilización en la industria peruana e internacional. La extracción de saponinas se realizó por el método de Wall (1952), obteniéndose 6,7% de saponinas a partir del extracto del choloque. Al final se obtuvo un extracto bruto de saponinas, el cual se hidrolizó dando cristales pardos que por cristalización llegaron a color blanco.

De otro lado, **Espejo R (2014)¹⁰** realizó la evaluación experimental de las saponinas de *Quillaja saponaria* “quillay” como inhibidoras del desarrollo de coccidias intestinales en pollos de engorde, con el objetivo de evaluar la efectividad de un extracto de saponinas del árbol de *Quillaja saponaria* “quillay” denominado “Nema-Q®” como una alternativa a las drogas convencionales actualmente usadas para el control de la coccidiosis aviar. Se realizó la experiencia con 132 pollos de engorde; estos fueron divididos en 5 grupos según si eran o no infectados con coccidias y si eran o no tratados con

saponinas: (a) Grupo Control C/S (con infección coccidial y sin saponinas); (b) Grupo Control S/S (sin infección coccidial y sin saponinas); (c) Grupo 1 (con infección coccidial y 125 ppm de saponinas); (d) Grupo 2 (con infección coccidial y 250 ppm de saponinas) y (e) Grupo 3 (con infección coccidial y 500 ppm de saponinas). Las saponinas fueron administradas en el agua de bebida desde 3 días antes de la infección coccidial (11 días de edad) hasta el último día de vida de las aves (23 días de edad). La infección coccidial fue realizado a los 14 días de edad inoculando oralmente, mediante una sonda conectada directamente al buche, 15 dosis de la vacuna Immucox®, vacuna viva contra coccidias que incluye las especies *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. necatrix* y *E. tenella*. La efectividad del producto Nema-Q® fue medida en base a su efecto sobre el recuento de ooquistes por gramo de deyecciones (OPG), las lesiones intestinales macroscópicas y microscópicas observadas y la comparación estadística entre los pesos y el índice de eficiencia de conversión alimentaria (IECA) que presentaron los diferentes grupos. Los resultados obtenidos indicaron que las saponinas del quillay presentaron un efecto protector frente a la infección con coccidias, logrando reducir el número de ooquistes por gramo de deyecciones y disminuir la severidad de las lesiones intestinales.

Muñoz J, Pintado J (2016)²⁴ hicieron un estudio sobre la Evaluación de pollos camperos en producción intensiva y semi-intensiva con suplementación de extracto de *Quillaja saponaria* y residuos de hortalizas, estudio en la que evaluaron: la ganancia diaria de peso, consumo semanal,

índice de productividad, mortalidad, conversión alimenticia, costo por kg de carne, pigmentación en tarsos, porcentaje de grasa y el efecto del extracto de *Quillaja* como coccidiostato, bajo dos sistemas de crianza, intensiva y semi-intensiva. El extracto de *Quillaja* fue utilizado al 0,1% de inclusión en el alimento, para lo cual se utilizaron 300 pollitos camperos de 1 día de edad. Se distribuyeron de forma aleatoria al azar con 3 tratamientos, cada uno con 5 repeticiones y con 20 pollitos por unidad experimental. Los tratamientos fueron: T1: testigo, aves alojadas en sistema intensivo; T2: aves alojadas en sistema intensivo, más una dieta modificada que consistía en la adición de extracto de *Quillaja saponaria* al 0,1%; T3: sistema semi-intensivo con la misma dieta del T2, las aves de este tratamiento a partir del día 28 de edad tuvieron acceso a un área verde delimitada, la cual poseía una mezcla forrajera de raigrás-alfalfa y además se adicionaron a su alimentación residuos de hortalizas propias de la zona. La investigación duró 56 días, no se evidenciaron diferencias significativas en ganancia diaria de peso, índice de productividad, índice de conversión, costo por kg de carne, infestación por coccidios ni porcentaje de grasa ($p > 0,05$); mientras que, el consumo semanal y mortalidad, mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Chenopodium quinoa* “quinua”

Chenopodium quinoa Willd, conocida comúnmente como quinua, es una chenopodiácea de las regiones andinas más frías, con alto valor nutritivo, que en los últimos años ha adquirido importancia económica

por la demanda local y mundial, pues es uno de los cereales menores de mayor demanda. Uno de los principales problemas con los que se enfrentaron los productores de este grano, fue la presencia de saponinas en la cáscara del grano maduro, ya que estos alcaloides son ligeramente tóxicos y de un sabor fuertemente amargo.^{13,14}

Clasificación taxonómica^{1,16}

- **Reino** : Vegetal.
- **División** : Magnoliophyta.
- **Clase** : Magnoliopsida.
- **Orden** : Caryophyllales.
- **Familia** : Chenopodiaceae.
- **Tribu** : Chenopodieae.
- **Género** : *Chenopodium*.
- **Especie** : *Chenopodium quinoa* W.

La quinua es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata*. El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies y existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias productoras de grano: *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, en Sudamérica, como verdura *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L. en México; *Ch. carnosololum* y *Ch. ambrosioides* en Sudamérica; el número

cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticos. Este género también incluye especies silvestres de amplia distribución mundial: *Ch. album*, *Ch. hircinum*, *Ch. murale*, *Ch. graveolens*, *Ch. petiolare* entre otros.

Origen

La quinua es una planta originaria de América del Sur y distribuida en los países que pertenecían al antiguo imperio inca, especialmente en aquellos ubicados sobre la cordillera de los andes, desde la parte sur de Colombia pasando por el Ecuador, Perú, Bolivia y la parte norte de Chile. Su favorable adaptabilidad edafológica y climática ha permitido ampliar las zonas de cultivo en estas geografías, promoviendo la diversificación de la explotación de sus propiedades nutricionales y farmacológicas. Es un cultivo anual cuyas panojas en promedio tienen una altura de entre 1,0 y 2,0 m con una llamativa flor, y producen semillas cilíndricas y lisas con un largo de 2,5 mm y 1,0 mm de diámetro.^{15,19}

El origen de *Ch. quinoa* aún es complejo, especialmente porque están involucradas muchas posibilidades, la participación de dos especies diploides en el origen de *Ch. quinoa*, por lo que la quinua sería un anfidiplóide con herencia disómica, siendo el pariente silvestre más cercano de *Ch. quinoa*, *Ch. hircinum* y de *Ch. nuttalliae* el silvestre *Ch. berlandieri* respectivamente. Desde el punto de vista de su variabilidad

genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética.^{21,29}

Descripción botánica

La quinua, es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, o se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m; desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales; desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas. Su período vegetativo varía desde 90 hasta 240 días, se adapta a suelos ácidos de pH 4,5 hasta alcalinos con pH de 9,0, sus semillas germinan hasta con 56 mohos/cm de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos. La coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado y granate.^{21,34}

Es una planta anual que puede alcanzar entre 1 m a 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y las zonas de cultivo. La raíz de la quinua puede tener una profundidad de 0,50 a 2,80 m dependiendo del ecotipo, el tipo de suelo. En general la raíz es fuerte como para soportar el peso de la planta. El tallo de la planta es de sección circular en el cuello de la planta y después es circular en la parte media con la corteza endurecida y la médula suave en plantas verdes y es esponjosa cuando maduran. El tallo puede ser simple (ecotipos del altiplano) o ramificado (ecotipos del valle) que frecuentemente es influido por la densidad de siembra y la fertilidad del suelo. Los hábitos de crecimiento ramificado o simple influyen en los métodos de cosecha. Las hojas son polimorfos en la misma planta; las de la base son romboides, triangulares las de la parte media y las hojas superiores son lanceoladas. La lámina de las hojas tiernas está cubierta por vesículas de oxalato de calcio que son giroscópicas. Los bordes de las hojas son dentadas y este carácter es empleada para la clasificación en razas. La inflorescencia de la quinua es una panícula y puede ser de tipo amarantiforme, glomerulada e intermedia. La inflorescencia glomerulada es la forma silvestre y la glomerulada la mutante. El tamaño de la inflorescencia está asociado con el rendimiento del grano. En una misma inflorescencia se pueden encontrar flores hermafroditas y femeninas. Las flores hermafroditas son las que predominan, aunque es posible encontrar plantas androestériles que son funcionalmente femeninas. La forma de fecundación de la quinua es autogama con polinización cruzada

frecuente. El grano de quinua es un fruto del tipo aquenio cubierto por el perigonio con una sola semilla. El perigonio se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. La semilla está cubierta por capas de células conocidas como pericarpio y el epispermo, este último a su vez cubre el perisperma almidonoso. El embrión rodea al perisperma en forma de anillo.^{7,22}

Composición química de la quinua

El grano de quinua contiene carbohidratos, que están formados mayormente por almidón, proteínas (14 a 22%), aminoácidos, como histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina, ácido aspártico, ácido glutámico, serina, tirosina, entre otros, grasa, que aproximadamente la mitad de las grasas de la quinua están compuestas por ácido linoleico (conocido como Omega 6), ácido oleico (que es el ácido graso típico del aceite de oliva) en una proporción del 25% aproximadamente. El resto se reparte entre las grasas saturadas (palmítico principalmente), ácido alfa-linolénico (Omega 3), Vitaminas y minerales, tales como, calcio, hierro, potasio, magnesio y cinc, en comparación con muchos cereales, duplicando y triplicando a las cantidades presentes en el trigo y el arroz, por ejemplo. En cuanto a las vitaminas, la quinua es buena fuente de vitamina E, riboflavina (B₂) y ácido fólico (B₉). Respecto al contenido de tiamina (B₁), es bastante similar al de los cereales, y el de niacina (B₃) inferior a éstos.^{15,31}

La quinua también contiene antinutrientes que dificultan la absorción de algunos nutrientes, como es el caso de las saponinas, las que pueden tener una estructura esteroideal o triterpenoide, en este caso las saponinas de la quinua tienen estructura triterpenoide. La quinua de acuerdo a la concentración de saponinas pueden ser clasificadas como: dulce (libre de saponinas o contenido menor de 0,11% en base a peso fresco) o amarga (más de 0,11 % de saponinas). Las saponinas son compuestos formados por lípidos y azúcares, con capacidad de retener minerales y disminuir la absorción de éstos. Sin embargo, al encontrarse las saponinas en el pericarpio (capa más externa) de la semilla, son eliminadas durante el procesado de lavado. Además de saponinas, están también presentes oxalatos, un tipo de sales con capacidad de retener calcio y magnesio.^{13,22}

Propiedades nutricionales

La especie se cultiva principalmente para la producción de grano que se consume en forma similares al arroz o transformado en harinas en forma similar al trigo. Si bien el grano es el principal producto de la quinua, las hojas e inflorescencias tiernas también se consumen frescas o cocidas en formas similares a la espinaca o brócoli. Esto demuestra que los pobladores nativos han desarrollado métodos para aprovechar la quinua en forma diversa y múltiple. La quinua presenta variación en las características de grano, pudiendo encontrar grano de tamaño grande, mediano y pequeño.^{29,31}

Presenta un alto valor nutricional, el contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad, debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Al respecto el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche. El caldo, sopa o graneado caliente de quinua es un tónico nutritivo y aumenta la leche materna.^{21,29}

En la zona andina (altiplano peruano), la quinua se usa como alimento en mazamorra (k-atawi lawa), puré (p-isqí), peletes (k-ispíñu), panecitos, tajholas, thajjti, phiri, Juchha, jallpañña y afines (pala, muttu y tiqti); la quinua a través de un molino artesanal es transformada directamente en harina, los preparados alimenticios son amargas y la neutralización se hace con cal (k-atawi) de base alcalina. El puré, se hace con quinua perlada.^{9,11}

Uso medicinal^{4,17,21}

Las aplicaciones de la quinua en la medicina tradicional son conocidas desde tiempos remotos. En las comunidades del altiplano y los valles se

menciona que los curanderos Kallawayas (en Aymara significa portadores de yerbas medicinales) hacen múltiples usos de la quinua para fines curativos e inclusive mágicos, utilizando por ejemplo el grano, los tallos, y las hojas para este fin. Los modos de preparación y de aplicación varían para el uso interno como externo, siendo los usos más frecuentes, para el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones.

Según la medicina tradicional, el tallo y las hojas de la quinua cocidas con aceite, vinagre y pimienta proporcionan sangre, de igual manera si se hacen cocer las hojas sólo con vinagre, esto se utiliza mediante gárgaras, o se coloca una cataplasma, la cual desinflama la garganta y se curan las anginas. Las hojas también se pueden cocer con azúcar y canela, para problemas del estómago, como expectorante y quita las náuseas.

El grano de quinua tiene diversas formas de uso, para combatir las afecciones hepáticas, las anginas y la cistitis. Es un analgésico dental y tiene la cualidad de ser antiinflamatorio y cicatrizante, por lo que se aplican emplastos de quinua negra, combinada con algunas otras plantas, para curar las fracturas y luxaciones, haciendo una pasta mezclada con alcohol o aguardiente. La decocción de los frutos es usada medicinalmente para aplicarla sobre heridas y golpes, y también se hacen cataplasmas de los mismos, por ello el agua del grano cocido

cura abscesos del hígado y supuraciones internas, afecciones catarrales, es un laxante suave y bueno para el insomnio, combate la caspa y es buen tónico para el cabello. De igual forma el agua de grano cocido con leche y aceite de almendras sirve para lavar los oídos ante el dolor, los ruidos y la sordera, el cocimiento de 5 cucharadas de semillas de quinua en dos botellas de agua es un buen sudorífico, este mismo cocimiento, endulzado con miel de abejas o chancaca, se usa contra las afecciones bronquiales, catarro, tos e inflamación de las amígdalas.

Usos industriales^{11,13}

La quinua es un producto del cual se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros. Los granos de quinua se pueden utilizar directamente o se pueden transformar en harinas y hojuelas, para la elaboración de productos de la industria harinera (como por ejemplo: panes, galletas, fideos, sopas, postres, yogurt, barras de cereal, etc).

El almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación, estos almidones podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados químicamente, pues este almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido al pequeño tamaño del gránulo de almidón, por ejemplo, en la producción de aerosoles, pastas, producción de papel

autocopiante, postres alimenticios, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos.

2.2.2. *Quillaja saponaria* “choloque”

El nombre de *Quillaja* deriva de la denominación indígena quillay y saponaria significa que puede usarse como jabón, a esta especie también se le conoce con otros nombres comunes como: jabón de palo, amole, chípero, cholulo, pacoón, chumbimbo, quillay, etc. El choloque es un árbol endémico de Chile y se extiende desde Coquimbo hasta Malleco, aunque aparece en otros países de la América tropical como Perú, ya que se adecúa a ambientes secos y suelos pobres, encontrándose en lugares de hasta los 2000 m.s.n.m.^{2,24}

Clasificación taxonómica¹²

- **Reino** : Vegetal.
- **División** : Magnoliophyta.
- **Clase** : Magnoliopsida.
- **Orden** : Fabales.
- **Familia** : Quillajaceae.
- **Género** : *Quillaja*.
- **Especie** : *Quillaja saponaria* M.

Origen y distribución

El género *Quillaja* es originario de Sudamérica, por lo que existen tres especies que se distribuyen en Brasil, Uruguay, Perú, Argentina y Chile, aunque se menciona solo dos *Quillaja saponaria*, la que es considerada endémica de Chile, Bolivia, Perú y Ecuador y *Quillaja brasiliensis*, endémica de Brasil y Paraguay. El choloque pertenece al tipo forestal esclerófilo, que se caracteriza por la presencia dominante de especies de hojas duras, de dimensiones que se pueden calificar de arbustivas o arborescentes. Esta especie crece en varios sitios desde lugares altos, más o menos secos y con poca vegetación hasta zonas o climas secos y cálidos. En el litoral se presenta en forma arbustiva, mientras que en los valles de la cordillera se encuentra en forma de árboles.^{18,20}

Descripción botánica

Es un árbol siempre verde de hojas esclerófilas, color verde amarillento, alterno, perenne, coriáceo, oblongo de borde casi liso y con estípulas caducas y pequeñas. En general un quillay adulto mide alrededor de 15 m de altura, pudiendo alcanzar más de 30 m y 1,5 m de diámetro. Presenta flores hermafroditas, blanquecinas, aplanadas, dispuestas generalmente en pequeños corimbos terminales o solitarias. Sus frutos corresponden a polifolículos estrellados, que permanecen secos y abiertos en el árbol durante largo tiempo, el tronco es casi cilíndrico, posee ramificación simpodial, su corteza es de color pardo claro y lisa en etapas juveniles, y adopta un color ceniciento a medida que aumenta

su edad. Quillay es una especie catalogada como de lento crecimiento alcanzando un máximo de 30 cm de altura por año y 0,6 cm de diámetro por año. Su sistema radicular presenta un gran desarrollo tanto en profundidad como horizontalmente, cualidad que le permite capturar eficientemente los nutrientes y el agua del suelo. Esta característica permite también que sea frecuentemente utilizado para estabilizar suelos y que se considere una buena alternativa en procesos de forestación y recuperación de zonas degradadas.^{18,20}

Composición química

Químicamente el quillay o choloque se compone de 69,8% de holocelulosa, 39,4% de celulosa, 25,5% de lignina y 1,96% de cenizas. Además la importancia del choloque radica en la saponina que se encuentra principalmente en la corteza y en menor proporción en ramas, fuste y hojas del árbol; así que la concentración de saponina, es de 11,6% en la corteza, 10,0% en las ramas con corteza, 8,8% en la madera y 6,1% en las hojas.^{26,27}

Propiedades medicinales

Del quillay o choloque se ha explotado tradicionalmente la corteza, la cual se usa contra afecciones crónicas de la piel, la caspa, seborrea, para afirmar el cabello, contra la bronquitis, ayuda a la digestión y combate la alopecia. Debido a la propiedad de la saponina de emulsionar grasas, se usa como jabón y es el uso cosmético, principalmente, el que ha

convertido al quillay en una especie internacionalmente demandada, conduciendo a la exportación de su corteza. Se ha determinado que la decocción y el extracto en etanol de corteza de quillay inhibe el desarrollo de *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* indica que la saponina purificada puede usarse como adyuvante en vacunas. Además de sus usos medicinales, la saponina tiene usos en la industria fotográfica, como detergente, espumante y en dentífricos.^{28,30}

2.2.3. Saponinas

Se da el nombre de saponinas a un grupo de glucósidos que están ubicados en las plantas y que al disolverse en agua disminuyen la tensión superficial de esta, por lo tanto al agitar sus soluciones, se formara una espuma abundante y relativamente estable, de allí que proviene del latín sapo que significa “jabón”.^{26,27}

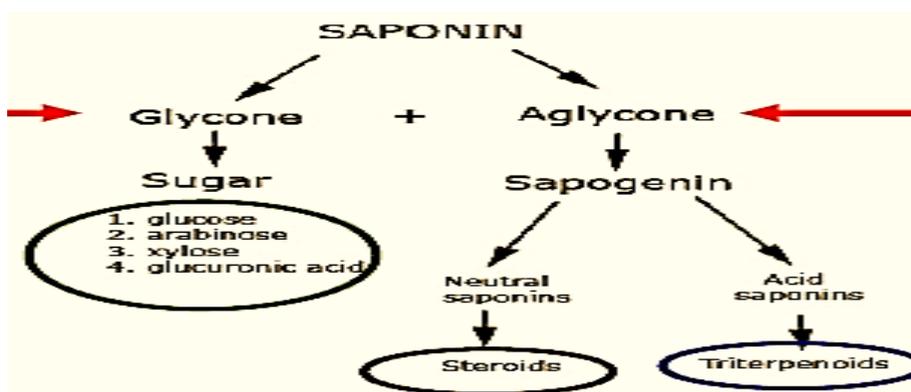


Figura N° 01: Esquema de la estructura general de las saponinas

Fuente: Gunsha L. Elaboración de un emulsionante cosmético a base de las saponinas del agua de lavado de quinua (*Chenopodium quinoa*) en Erpe. [Tesis para obtener el Título Profesional de Bioquímico Farmacéutico]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia; 2013.¹⁴

Las saponinas son sustancias orgánicas que pertenecen a los saponósidos, que son heterósidos ampliamente distribuidos en la naturaleza, tienen sabor amargo y acre. Destruyen los glóbulos rojos por hemólisis, son tóxicas para animales de sangre fría, por lo que se usa como veneno para peces. Para los animales de sangre caliente son tóxicas si se administran por vía intravenosa, pero por vía oral su toxicidad es muy baja. Son solubles en disolventes polares pero no en los de baja polaridad, como hexano o cloroformo. Se ven afectas al pH de la solución, ya que a altos pH sufren hidrólisis, formándose saponinas de menor peso molecular.^{12,25}

En su gran mayoría están formados por una o más cadenas de carbohidratos y una aglicona policíclica denominada sapogenina (esqueleto esteroide o triterpenoide), además se presenta una parte lipídica y otra soluble. Pues en sí; se puede decir, que no tienen una fórmula química bien definida sin embargo, de manera general, se puede sugerir el siguiente esqueleto base: $C_nH_{2n-8}O_{10}$ (con $n \geq 5$), poseen elevado peso molecular y su aislamiento en estado puro ofrece ciertas dificultades. Son solubles en agua, etanol y metanol. Las geninas son prácticamente insolubles en agua, solubles en solventes poco polares como tetracloruro de carbono y éter. Se pueden localizar en cualquier órgano de la planta, raíz, hojas, semillas, corteza, etc.^{14,26}

Estructura química de las saponinas:

Las saponinas son metabolitos secundarios que pertenecen al grupo de los glicósidos, donde se incluyen a las sustancias constituidas por azúcares en forma de acetales. Consisten de un núcleo lipofílico que puede presentar una estructura esteroide o triterpenoide, con una o más cadenas de carbohidratos. Al núcleo lipofílico se le denomina aglicón, por ser el grupo que está enlazado a un átomo de carbono anomérico, que es el átomo de carbono enlazado a dos oxígenos, o a un oxígeno y cualquier otro heteroátomo, como nitrógeno. La naturaleza química del aglicón definirá la clasificación de la saponina como esteroide o triterpenoide. El nombre de saponina viene del latín, *sapon* = jabón, y se refiere a las propiedades de las saponinas de disminuir la tensión superficial y formar espuma en soluciones acuosas; ya que, en su estructura, posee un extremo hidrofílico y otro extremo marcadamente hidrofóbico.

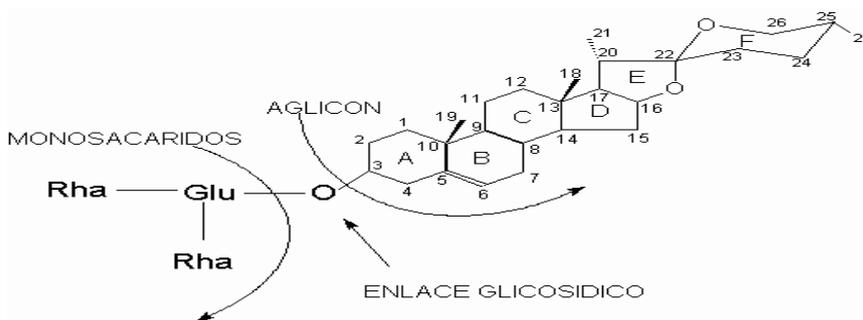


Figura N° 02: Estructura general de las saponinas

Fuente: Usiña K. Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”. [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica; 2017.³²

- **Saponinas esteroideas.** Las saponinas esteroideas son compuestos que poseen una estructura compleja formada por un núcleo esterooidal hidrofóbico y una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos, poseen un esqueleto con 27 átomos de carbono, formado por seis anillos: Anillo E (furano) y F (pirano). El aglicón en las saponinas esteroideas (sapogenina) presenta el esqueleto tetracíclico característico de este tipo de compuestos, denominado gonano (ciclopentanoperhidrofenantreno) en el caso de ser saturado. Son derivados del núcleo espirostanos y se utilizan de preferencia para la obtención de hormonas corticoides y hormonas sexuales.^{17,32}

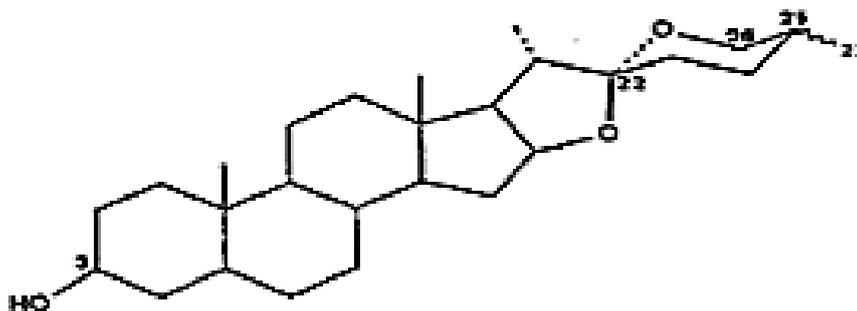


Figura N° 03: Esqueleto de la saponina alcaloidea

Fuente: Usiña K. Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”. [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica; 2017.³²

- **Saponinas triterpénicas:** En este grupo las geninas están constituidas por tres unidades de terpenos. Cada uno formado por dos unidades de isopreno (de 5 carbonos), de forma que las geninas son moléculas con 30 átomos de carbono. Las geninas están constituidas por terpenos, formados por unidades de isopreno. Las saponinas triterpénicas pueden clasificarse en tres grupos,

representados por alfa-amirina, β-amirina y lupeol, según la estructura de sus geninas, se forman cuando un grupo carboxilo sustituye a un grupo metilo en las posiciones 4, 17 ó 20. Las sapogeninas triterpénicas están ampliamente distribuidas en los reinos vegetal y animal y se presentan en 3 estructuras químicas diferentes (30 - 45 carbonos): acíclicas como el escualeno, considerado como el precursor natural de esta familia: tetracíclicas como el panaxadiol y pentacíclicas como la estallogenina. Estas sustancias pueden presentarse en sus fuentes naturales: en forma libre: formando ésteres, o como parte de un glicósido (saponina). Las sapogeninas pentacíclicas se subdividen a su vez en 3 grupos: tipo lupane: tipo ursane (derivado de la α amirina), ambos no están presentes en los forrajes y los de tipo planeano (derivados de la β amirina) presentes en estos últimos.^{11,18,33}

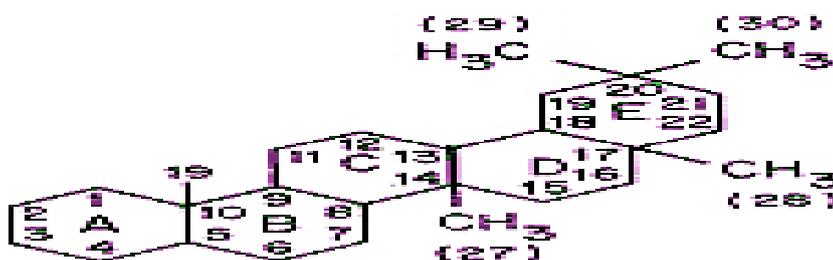


Figura N° 04: Esqueleto triterpenoide pentacíclico

Fuente: Usiña K. Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”. [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica; 2017.³²

Propiedades de las saponinas

Las saponinas poseen propiedades detergentes, forman espuma estable en soluciones acuosas, presentan actividad hemolítica, tienen sabor amargo y son en general de carácter ligeramente tóxicas para los animales y el ser humano. En los humanos la saponina es tóxica por vía endovenosa, altera la permeabilidad de las paredes celulares de los eritrocitos, y produce hemólisis, afecta el nivel de colesterol en hígado y sangre, además son irritantes, estornutatorios y eméticos. También puede ocasionar dolor estomacal, náuseas, ligera diarrea y problemas en la digestión, por ello deben ser eliminadas antes del consumo del grano. Puesto que la fase jabonosa producida al mezclarse con el agua y al ser agitada por los movimientos peristálticos de las vísceras, hace que se rompan las fuerzas de tensión superficial de las fases líquidas que intervienen en el proceso de digestión. Las saponinas son de gran utilidad en la industria farmacéutica, cosméticos, alimentos, la industria minera y en detergentes. La concentración de saponinas empleadas en formulaciones cosméticas es entre 5 - 6% (jabones, champú y soluciones de baño) y otras aplicaciones incluyen su uso en dentífricos, productos para la limpieza del cabello, formulación de tinturas y coloraciones para el pelo y como agente emulsionante de grasas, de aceites y protector de sustancias coloidales.^{2,11}

Métodos para identificar y cuantificar saponinas

Existen varios métodos para identificar saponinas. Como la prueba de Lieberman-Burchard, la prueba de Salkowsky, la prueba de α naftol y la prueba de Rosenthaler. Mientras que para la cuantificación de tenemos los métodos como: el afrosimétrico, hemolítico, volumétrico, espectrofotométrico y cromatográfico. De estos métodos el utilizado con mayor frecuencia el afrosimétrico por su facilidad de manejo y buena correlación. El método hemolítico se basa en la propiedad de las saponinas de producir hemólisis de la sangre in vitro. En el método volumétrico se cuantifica las saponinas mediante titulación con álcali. El método espectrofotométrico mide la absorción de ácido oleanólico en longitud de onda de 527 nm. Además las saponinas también se puede determinar cromatografía de gases o por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).^{17,27}

a) Reacciones de coloración. Las reacciones de coloración permiten identificar a través del color de la reacción distintos metabolitos; para el caso de las saponinas las reacciones de identificación son:^{7,22,33}

- **Prueba de Lieberman-Burchard.**- Es un reactivo utilizado en un ensayo colorimétrico para identificar saponinas, este color comienza como un color rosa violeta y progresa a través de un verde claro y luego de color verde muy oscuro. El color es debido

a grupo (-OH) presentes en las saponinas. Se toma una pequeña cantidad de extracto y se añade 2mL de anhídrido acético, 2 mL de cloroformo y lentamente se añade 2 gotas de ácido sulfúrico. Por lo general las saponinas esteroidales en esta prueba manifiestan colores que van desde el azul hasta el verde y las saponinas triterpénicas; rosado, rojo o violeta. Por tanto, la aparición de una coloración indica que la reacción es positiva.

- **Prueba de Salkowsky.-** Se toma una pequeña cantidad de extracto y se le añade 2mL de cloroformo y 2mL de ácido sulfúrico. Una coloración anaranjada indica reacción positiva.
- **Prueba de α - naftol. -** Se toma una pequeña cantidad de extracto en un tubo de ensayo y se añade 2mL de etanol y 2 gotas de solución 0,1% de α -naftol, adicionándose por la pared del tubo de ensayo 2mL de ácido sulfúrico. La reacción es positiva cuando en la interfase se forma un anillo de color violeta.
- **Prueba de Rosenthaler.-** A una pequeña porción de extracto se le añade una gota del reactivo de Rosenthaler y una gota de ácido sulfúrico. Las saponinas dan un color violeta.

b) El método físico (espuma). Este método de evaluación de saponinas está basado en la propiedad físico-química que presentan las soluciones acuosas de saponinas, de disminuir la tensión superficial

de los líquidos acuosos, provocando abundante espuma por agitación. La altura de esta espuma correlaciona con el contenido de saponinas en granos. Ejemplo en el caso de la quinua. En un tubo de ensayo (15 cm x 1,5 cm), se agrega agua destilada (20 mL), luego se deposita granos de quinua (2 g), se agita el tubo por un minuto y se observara la formación de espuma.²⁹

c) Cuantificación de saponinas por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). El análisis por cromatografía rara vez tiene por objetivo determinar la composición total de la muestra, sino más bien revelar la presencia o determinar un compuesto para el que se ha elegido un detector característico. La cuantificación por HPLC es la mejor técnica y el método más ampliamente utilizado para la determinación de saponinas. La identificación de los picos en los cromatogramas de HPLC se basa en la comparación de los tiempos de retención con patrones auténticos de las muestras observadas. Sin embargo, la falta de cromóforos en la estructura de las saponinas limita la elección del método por detección UV, por esta razón se utiliza como solvente al acetonitrilo el que permite lecturas de absorbancia bajas como 220 - 300 nm.^{17,23}

Saponinas de la quinua

La mayoría de los ecotipos presentan granos con presencia de saponina que se la conoce como quinua amarga.^{29,31} Se estima que el contenido

de saponina de la quinua va desde 0,00 hasta 1,2 % y dependiendo de las variedades de quinua pueden variar, como por ejemplo, la quinua sajama tiene 1,7 % de saponinas, la quinua blanca 1,9 %, la variedad amarilla 2,3% y la colorada 2,8 %, siendo el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano de 0,06 a 0,12%. Las saponinas de la quinua son glucósidos triterpenoidales, localizadas en el pericarpio de las semillas, solubles en metanol y agua, que reportan reacción positiva al reactivo de Lieberman-Burchard y Salkowski. La saponina de quinua por acción de las agliconas triterpenoidales tiene la propiedad de formar abundante espuma en solución acuosa, es soluble en alcohol absoluto (98%) y otros solventes orgánicos. Por hidrólisis dan: azúcares y agliconas (sapogeninas). Por rotura de una molécula se puede obtener: metilciclopentanofenantreno, naftaleno, fenantreno, sapotaleno. Los esteroides y los triterpénicos están muy relacionados biosintéticamente, siguen la misma vía hasta el escualeno.^{11,22,29}

Desaponificación de la quinua

La desaponificación de quinua, incluye el escarificado y la extracción de saponina, por consiguiente, escarificación es la separación del perigonio o cáscara, en cambio, desaponificado es la eliminación de saponina del epispermo del grano, de tal modo la desaponificación es un proceso muy importante para que el grano de quinua sea consumido en la alimentación humana y de uso agroindustrial.^{6,7}

A nivel artesanal, la escarificación y desaponificado se realiza usando un instrumento artesanal (maran), la quinua semihúmeda o en pasta es colocado sobre el “maran” y frotado sincronizadamente de arriba abajo y viceversa con el “tunawi” en el “maran” hasta obtener un polvillo fino que contiene saponina, luego, la quinua procesada es lavada y escurrido para uso inmediato o secado al sol para su almacenaje y uso posterior.^{9,11}

a) Desaponificación vía seca

Se fundamenta en principios mecánicos de la acción combinada de cepillos y/o paletas. La máquina pulidora separa el episperma del grano en forma de polvillo (75 a 95%). Este método es económico, sin embargo, no se logra eliminar toda la saponina y la exposición de los granos a mayor tiempo de pulido puede desnaturalizar la calidad del grano como producto final.^{1,11}

b) Desaponificación vía húmeda

El lavado de los granos de quinua en máquinas tipo lavadora, se basa en principios físicos de agitación y turbulencia. La relación volumétrica agua (litros), granos de quinua (kilos), tiempo de remojo, duración de agitación o turbulencia y temperatura de agua, son factores determinantes para una escarificación y desaponificado satisfactoria, sin embargo, la formación de espuma y elevado costo de secado del grano son factores limitantes.^{14,16}

c) Desaponificación vía seca-húmeda

Denominada también mixta o combinada, abarca la combinación sistemática y secuencial de escarificado (vía seca) y lavado (vía húmeda) de granos de quinua, a través de este método se obtiene quinua perlada con bajos niveles de saponina (0,05 a 0,10%) apto para consumo humano. Durante el proceso de vía combinada, se obtiene dos subproductos: polvo de escarificado y efluentes acuosos. El polvo de escarificado, son polvos finos de efecto irritante sobre las vías respiratorias, comprende restos o fragmentos de quinua (embriones, fibra y otros afines) y saponina (40 a 50%), las características granulométricas promedio es de 60 micrones, por cuya razón, son transportadas fácilmente por corrientes de aire. En cambio, los efluentes acuosos son soluciones de saponina (10 a 15%) y otros compuestos orgánicos solubles en agua con características ácidas. Actualmente, en la agroindustria para el desaponificado se usa el método combinado seca húmeda, es decir, para el escarificado, lavado y otras actividades del proceso se usan máquinas con características peculiares inherentes a las plantas de tratamiento, generalmente el flujo de desaponificado por vía combinada comprende: clasificación y limpieza, escarificado, lavado, secado y producto final o quinua perlada.^{16,19}

Saponinas del choloque

La principal razón por la cual el quillay se sitúa entre las especies forestales nativas de mayor importancia de la zona mesomórfica, es por la extracción de corteza, la cual es muy rica en saponinas, sustancia química que permite reemplazar al detergente, usado como espumantes en bebidas, emulsificante en alimentos, agente humectante en fotografías, etc. Las saponinas del quillay son clasificadas como bisdesmosidos, es decir, contienen dos mitades de azúcares unidas a un núcleo triterpénico en posición 3 y 28, poseen un núcleo triterpénico, el cual ha sido identificado como ácido quillaico y presenta dos cadenas de azúcares unidas a él, las que le confieren a un carácter hidrofóbico, mientras que las cadenas de azúcar le confieren un carácter hidrofílico, lo cual las convierte en una molécula anfótera.^{23,25}

Usos de la saponina del choloque:^{18,26}

- Detergente para industrias textiles.
- Productor de espumas en bebidas.
- Productos cosméticos.
- Extintores y explosivos.
- Agentes emulsionantes de grasas y aceites.
- Protector de suspensiones coloidales.
- Dentífricos.
- Fabricación de reveladores fotográficos.
- Películas para Rayos X.

- Vacunas para ganado.
- Reducción de malos olores en criaderos de ganado.
- Pesticida orgánico.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Reducción del colesterol de los alimentos.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Unidad de análisis, universo y muestra

3.1.1. Unidad de análisis

Semillas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y frutos de *Quillaja saponaria* “choloque”.

3.1.2. Universo

Chenopodium quinoa “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”.

3.1.3. Muestra

1 kg de semillas de *Chenopodium quinoa* “quinua” (quinua común amarilla) y 1 kg de frutos de *Quillaja saponaria* “choloque”.

a) *Chenopodium quinoa* “quinua”

Criterios de inclusión:

- Semillas seleccionadas de quinua de la misma variedad.
- Semillas de quinua que estuvieron maduras y secas.
- Semillas de quinua que no mostraron ninguna contaminación microbiológica.

Criterios de exclusión:

- Semillas de quinua que no pertenecieron a la misma variedad.

- Semillas de quinua que no estuvieron completamente maduras y secas.
- Semillas de quinuas que mostraron alguna contaminación microbiológica.

b) *Quillaja saponaria* “choloque”

Criterios de inclusión:

- Frutos de choloque que estuvieron maduros y secos.
- Frutos de choloque que no estuvieron afectados por algún microorganismo.
- Frutos de choloque que no sufrieron ningún maltrato o cambio durante el transporte, como fracturas, fisuras, etc.

Criterios de exclusión

- Frutos de choloque que estuvieron en proceso de maduración.
- Frutos de choloque que fueron afectados por algún microorganismo.
- Frutos de choloque que sufrieron cambios durante el transporte, como fracturas, fisuras, etc.

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. De acuerdo al fin que persigue:

La investigación fue de tipo básica, pues su propósito fue buscar y recolectar conocimientos ya existentes y a la vez enriquecerlos; ya que,

es importante conocer los antecedentes para poder generar criterios nuevos conocimientos.

3.2.2. De acuerdo al objeto de estudio:

De acuerdo al objeto de estudio la investigación fue, explicativa, pues el propósito fue responder las causas los eventos y fenómenos físicos, químicos o sociales, se trató de explicar el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta con la finalidad de buscar el fundamento de los resultados obtenidos.

3.2.3. De acuerdo a la técnica de contrastación:

La investigación de acuerdo a la técnica de contrastación fue:

Descriptiva. Porque se recolectó teorías o datos sobre la base de una hipótesis o teoría, resumiendo la información de manera cuidadosa y luego analizándolo minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Comparativa. Porque se efectuó una comparación exhaustiva entre dos teorías a fin de analizar y sintetizar sus diferencias y similitudes. Una de las virtudes de esta investigación permite que se llegue a un conocimiento general y profundizado de las realidades que estudia, a partir de trabajar aspectos muy particulares y concretos.

3.3. Técnicas de investigación

a) Obtención de las especies vegetales:

Obtención de *Chenopodium quinoa* “quinua”

- Las semillas de quinua fueron obtenidas de la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. En la que primero se tuvo que viajar a la provincia de San Marcos y con la ayuda de una persona conocedora de los tipos de quinua se identificaron y se compraron la variedad de quinua llamada quinua común amarilla.
- Luego se trasladaron a la ciudad de Cajamarca y posteriormente al Laboratorio de Química de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo (UPAGU).
- Finalmente se seleccionaron teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, para luego proceder a determinar la concentración de saponinas.

Obtención de la *Quillaja saponaria* “choloque”

- Los frutos de choloque se obtuvieron de la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, para la cual se viajó a la provincia de San Marcos y con la ayuda de una persona conocedora de la especie vegetal se identificaron y compraron frutos secos y maduros de choloque.
- Luego se trasladaron a la ciudad de Cajamarca y posteriormente al Laboratorio de Química de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo (UPAGU).

- Finalmente se seleccionaron teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, para pasar a determinar la concentración de saponinas.

b) Identificación de saponinas de la quinua y del choloque:

b.1) Reacciones de coloración:

Preparación del extracto seco de quinua y de choloque

Este procedimiento se siguió para ambas muestras.

- Se seleccionaron muestras secas tanto de cortezas de fruto de choloque como de semillas de quinua, por separado.
- Posteriormente se procedió a tritúralos por separado utilizando mortero y pilón.
- Se pesaron 5 g de muestra y se colocaron en un tubo de ensayo.
- Se añadió 6 mL de etanol al 70% y se calentó por 15 minutos en Baño María.
- Posteriormente se filtró, quedando un extracto etanólico seco de quinua y de choloque, a partir de los cuales se realizaron las siguientes pruebas:

- **Prueba de Lieberman-Burchard:**

Fundamento. Se basa en la reacción coloreada que dan aquellas sustancias que tienen como estructura al núcleo ciclopentanoperhidrofenantreno. La muestra con el reactivo de color, hacen que las saponinas con el anisaldehído, vainillina u

otros aldehídos aromáticos en un ácido fuerte (ácido sulfúrico), den con las agliconas productos coloreados, que probablemente ocurra una protonación del grupo OH de las saponinas con la consiguiente pérdida de agua, formando grupos metilenos no saturados. Esta prueba es específica para esteroides con insaturación en sus anillos, la cual causan un cambio de color debido a la deshidratación que se da, para la formación de dienos; obteniéndose una coloración rosa, violeta, azul y verde.^{22,29}

Procedimiento:

- Se pesó 0,5 g de extracto.
- Luego se añadió en un tubo de ensayo.
- Posteriormente se añadió 2 mL de anhídrido acético al 98,99% y 2 mL de cloroformo al 40%.
- Se enfrió a una temperatura de 0 °C.
- Se añadió lentamente 2 gotas de ácido sulfúrico al 98%.
- La aparición de una coloración azulada que pasa a verde indica la presencia de saponinas esteroidales y la coloración rosada, rojo o violeta indica la presencia de saponinas triterpénicas.

- **Prueba de Salkowski:**

Fundamento. Esta reacción utiliza, cloroformo y ácido sulfúrico. El cloroformo se condensa con el grupo OH en posición C-3 de la saponina, para dar el correspondiente éster y producirse una reacción de deshidratación. Si la saponina posee un doble enlace tiene lugar una posterior epimerización y deshidratación a la forma C-3, dando un color característico. La reacción se objetiva por la aparición de una coloración verdosa oscura que previamente pasa por diferentes colores, anaranjado, rosa, rojo, azul y violeta.^{22,29}

Procedimiento:

- Se pesó 0,5 g de extracto y se añadió en un tubo de ensayo.
- Posteriormente se añadió 2 mL de cloroformo al 40% y 2 mL de ácido sulfúrico al 98%.
- Una coloración anaranjada indica reacción positiva (presencia de saponinas).

- **Prueba de α – naftol:**

Fundamento. Todos los carbohidratos o moléculas que contengan glúcidos en su estructura (como las saponinas) reaccionan con α – naftol, en presencia de ácido sulfúrico para formar sustancias complejas coloreadas. El proceso se fundamenta en la deshidratación que experimentan los

carbohidratos presentes en la saponina en presencia de ácidos minerales fuertes, como el ácido sulfúrico o ácido clorhídrico. Después de deshidratado el carbohidrato se forma el complejo coloreado, porque el grupo carbonilo, del carbohidrato, se polariza produciendo un carbocatión que se estabiliza con los pares electrónicos libres del oxígeno del α - naftol.^{22,29}

Procedimiento:

- Se pesó 0,5 g de extracto y se añadió en un tubo de ensayo.
- Posteriormente se añadió 2 mL de etanol y 2 gotas de solución 0,1% de α - naftol, adicionándose por la pared del tubo de ensayo 2 mL de ácido sulfúrico al 98%.
- La reacción es positiva cuando en la interfase se forma un anillo de color violeta (presencia de saponinas).

b.2) Formación de espuma (prueba observatoria):

Fundamento. Las saponinas están formadas por una aglicona policíclica unida a una o más cadenas laterales de azúcares, la aglicona o porción no sacárida de la molécula de saponina se denomina sapogenina o genina, y puede ser un esteroide o un triterpeno. Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, con propiedades tensoactivas y hemolíticas, ambas atribuidas a sus características estructurales de naturaleza anfifílica, cuya capacidad de formación de espuma está causada por la combinación de la

sapogenina hidrófoba y un azúcar hidrófilo, que al agitarlas en un medio acuoso forman espuma. La altura de la espuma está relacionada con el contenido de saponinas presentes en la muestra^{21,22}

Procedimiento:

Esta prueba se hizo para ambas muestras (por triplicado).

- Se pesó 0,5 g de muestra (semillas de quinua o de corteza de frutos de choloque).
- Se trituraron por separado utilizando mortero y pilón, hasta quedar completamente pulverizada.
- Luego se añadió a un tubo de ensayo.
- Se agregó 10 mL de agua destilada y calentó en Baño María durante 30 minutos.
- Luego se dejó enfriar, se tapó y agitó vigorosamente durante 30 a 40 segundos.
- Se dejó reposar en forma vertical durante media hora.
- Pasado este tiempo se observó la presencia de espuma.
- Se presume que la muestra contienen saponinas, si dicha reacción muestra una capa de espuma mayor de 3 cm.

c) Cuantificación de saponinas de quinua y de choloque

c.1) Método físico: Afrosimétrico (medición de la espuma)

Fundamento. El fundamento de este método es el mismo que para la formación de espuma (prueba observatoria); por lo que la reacción es la misma, solo que en este caso vamos a medir la formación de espuma y mediante la aplicación de una fórmula se cuantificará la concentración de saponinas presentes en las muestras. La altura de esta espuma se correlaciona con el contenido de saponinas que contiene dicha muestra.^{8,21}

Procedimiento:

Este procedimiento se hizo por quintuplicado para las muestras del choloque y la quinua:

- Se pesó 0,5 g de muestra y se añadió a un tubo de ensayo (para la quinua semillas y para el choloque cascaras de frutos trituradas).
- Se añadió 5 mL de agua destilada y se tapó el tubo. Luego se puso en marcha el cronometro y agitó vigorosamente el tubo durante 30 segundos.
- Luego se dejó el tubo en reposo durante 30 minutos y se procedió nuevamente a agitar otra vez durante 20 segundos más.
- Se dejó en reposo durante 30 minutos más, luego se agitó otra vez durante 30 segundos y por último se dio una última agitada fuerte, igual a las agitadas que se usan con termómetros orales.

- Se dejó el tubo en reposo 5 minutos y luego se procedió a medir inmediatamente la altura de la espuma al 0,1 cm más cercano.

Cálculos:

$$\% \text{ saponinas} = [(0,646 * \text{altura de la espuma}) - 0,104] / [(\text{peso de muestra en g}) * 10]$$

Fuente: Elías C, Díaz L, Rivera V, Díaz V. Estudio de un método rápido para la determinación de saponina en el procesamiento de quinua. Perú: Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA); 1983.⁸

c.2) Método espectrofotométrico

Fundamento. Para esta determinación se siguió el protocolo establecido por Monje Y & Raffaillac P, para la cual se utilizó el reactivo de Lieberman-Burchard (LB), que es una mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico en una proporción de 1:5 (16,7%). La muestra fue leída a una longitud de onda de 528 nm. La presente técnica no tiene interferencia con colores que pueda presentar la muestra y tiene la virtud de determinar el total de las saponinas presentes en el producto. El método se fundamenta en que las saponinas con anisaldehído, vainillina u otros aldehídos aromáticos en un ácido mineral fuerte, por ejemplo (sulfúrico y perclórico) dan con las agliconas productos coloreados, probablemente por una reacción de deshidratación que permiten la formación de grupos metilenos no saturados, los cuales tras condensación terminan en complejos coloreados con los aldehídos. Mencionando, que las saponinas

triterpenos dan un color rojo y las esteroidales dan un color verde, lo cual permite su diferenciación y que pueden medirse en el espectrofotómetro a 510 y 620 nm.²²

Procedimiento:

- Este método se hizo por triplicado para ambas muestras.
- Se pesó 2,5 g de muestra y se disolvió en 25 mL de etanol al 50% V/V, esta preparación se dejó en contacto durante 30 min. Pasado el tiempo se filtró al vacío. La solución obtenida se aforó a 25 mL con el mismo etanol.
- Inicialmente se elaboró una curva de calibración Absorbancia vs. Concentración.
- Para esta curva se prepararon soluciones a las siguientes concentraciones: 0,00; 0,05; 0,1; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35mg/mL.
- De cada concentración se prepararon 2 mL, a los cuales se adicionaron 7 mL del reactivo de LB, se agitó por 20 segundos con un vortex y se dejó en reposo 30 min.
- Se leyeron las absorbancias en el espectrofotómetro a 528 nm, utilizando como blanco etanol.
- A partir de la curva de calibración se cuantificó el porcentaje de saponinas presentes en cada muestra evaluada, según la fórmula:

$$Z = X/W * 100$$

Fuente: Monje Y, Raffailac P. Determinación de saponina total en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) método espectrofotométrico. Revista de Fitotecnia. [Revista virtual]. 2016; 1 (2): 217 – 230.²²

Dónde:

X = mg de saponina en 5mL de solución acuosa;

Y = Altura de espuma en cm;

Z = Porcentaje de saponina en el extracto

W = mg de extracto en 5 mL de solución acuosa.

3.4. Instrumentos, equipos, materiales y reactivos

Instrumentos

- Programa Básico Estadístico Excel 2013.
- Programa Estadístico Software I.B.M. Statistical Package for the Social Sciences (IBM - SPSS) versión 22,0.

Equipos

- Balanza analítica Marca: Ohaus, Modelo: Explorer.
- Cronómetro Marca Casio: Modelo: Unisex Alarma.
- Equipo de Baño María. Marca: MEMMERT y Modelo: WNB 14.
- Espectrofotómetro marca VIS UNICO modelo S-1200-E.
- Vórtex: VM2, made in Germany.

Materiales

Materiales de vidrio y otros de uso común del Laboratorio de Química de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Reactivos

- Semillas de quinua.
- Frutos de choloque.
- Agua destilada del Laboratorio Trifarma.
- Alcohol de 70% del Laboratorio Trifarma.
- Cloroformo químicamente puro al 40% del Laboratorio Portugal.
- Anhídrido acético químicamente puro 98,99% del Laboratorio Merck.
- Ácido sulfúrico químicamente puro 98%, de Acción Química.
- Reactivo de Lieberman-Burchard (mezcla al 16,7 % de anhídrido acético en ácido sulfúrico concentrado).
- Solución 0,1% de α -naftol del Laboratorio Merck Millipore.

3.5. Técnicas de análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados por T – Student considerando valores de $p < 0,05$ como significativos de mediante Programa Estadístico Software I.B.M. Statistical Package for the Social Sciences (IBM - SPSS) versión 22,0. Asimismo, los resultados se plasmaron en tablas y gráficos mediante el programa de office básico Excel 2013.

IV. RESULTADOS

TABLA N° 01: Identificación de saponinas por reacciones colorimétricas en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque”

| REACCIÓN | RESULTADOS | |
|--|---------------------------------------|---|
| | <i>Chenopodium quinoa</i> “quinua” | <i>Quillaja saponaria</i> “choloque” |
| Prueba de Lieberman-Burchard | + (color rojo) | + (color rojo) |
| Prueba de Salkowsky | + (color anaranjado) | + (color anaranjado) |
| Prueba de α- naftol | + (color violeta) | + (color violeta) |

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

Interpretación: La tabla N° 01 muestra la identificación de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante la reacción de coloración, observándose positivo a todas las reacciones de coloración ensayadas, en ambas muestras.

TABLA N° 02: Identificación de saponinas mediante formación de espuma en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque”

| N° de muestras | Formación de espuma (cm) | |
|-----------------|--------------------------|----------|
| | Quinua | Choloque |
| 1 | 4,2 | 6,8 |
| 2 | 3,8 | 6,7 |
| 3 | 4,3 | 6,9 |
| Promedio | 4,1 | 6,8 |

Fuente: Elaboración propia de los tesistas.

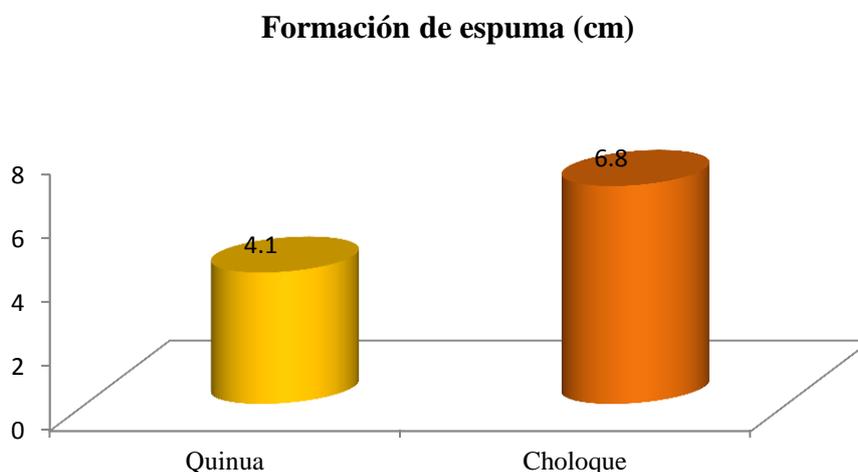


GRÁFICO N° 01: Identificación de saponinas mediante formación de espuma en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque”

Interpretación: En la tabla N° 02 y el gráfico N° 01 se muestra la identificación de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante la formación de espuma, observándose positivo para ambas muestras y dando como promedio: 4,1 cm de formación de espuma para la quinua y 6,8 cm para el choloque.

TABLA N° 03: Concentración de saponinas en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método afrosimétrico

| N° de muestras | Concentración de saponinas (%) | |
|-----------------|--------------------------------|-------------|
| | Quinua | Choloque |
| 1 | 0,49 | 0,92 |
| 2 | 0,51 | 0,79 |
| 3 | 0,48 | 0,88 |
| 4 | 0,50 | 0,82 |
| 5 | 0,47 | 0,95 |
| Promedio | 0,49 | 0,87 |

Fuente: Elaboración propia de los testistas.

Concentración de saponinas (%)

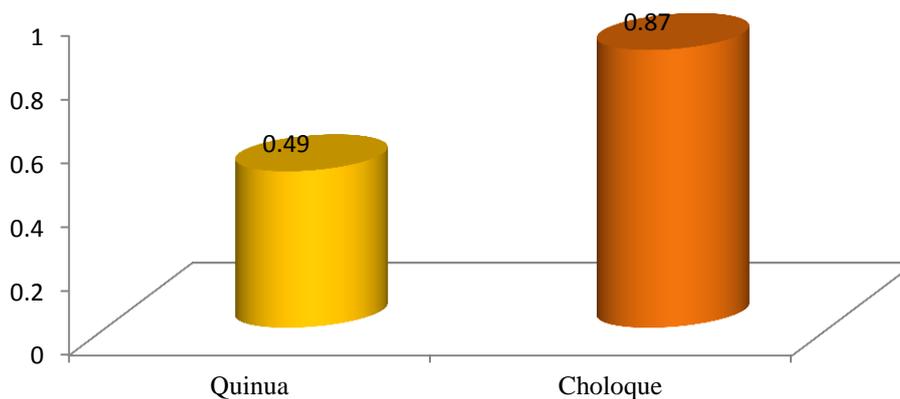


GRÁFICO N° 02: Concentración de saponinas en *Chenopodium Quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método afrosimétrico

Interpretación: La tabla N° 03 y el gráfico N° 02 muestran la cuantificación de la concentración de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método afrosimétrico, observándose 0,49% de promedio de saponinas para la quinua y 0,87% para el choloque.

TABLA N° 04: Concentración de saponinas en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método espectrofotométrico

| N° de muestras | Concentración de saponinas (%) | |
|-----------------|--------------------------------|----------|
| | Quinua | Choloque |
| 1 | 0,52 | 0,93 |
| 2 | 0,55 | 0,92 |
| 3 | 0,58 | 0,89 |
| Promedio | 0,55 | 0,91 |

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

Concentración de saponinas (%)

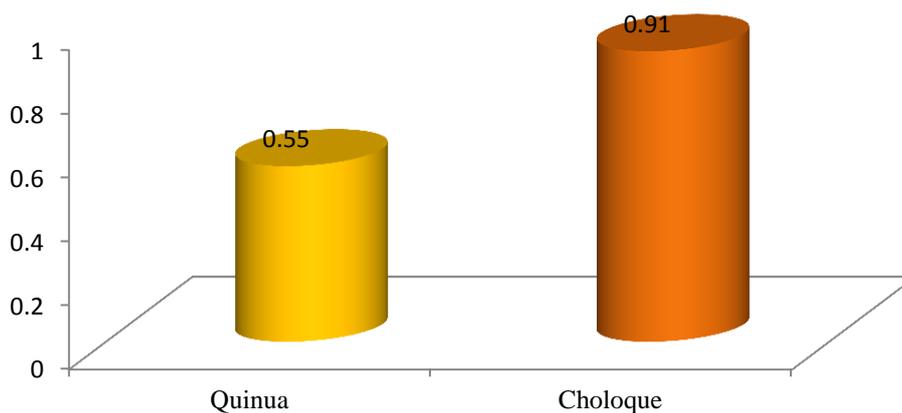


GRÁFICO N° 03: Concentración de saponinas en *Chenopodium Quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método espectrofotométrico

Interpretación: En la tabla N° 04 y gráfico N° 03 se muestran la cuantificación de la concentración de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque” mediante el método espectrofotométrico, observándose 0,55% como promedio de saponinas para la quinua y 0,91% para el choloque.

TABLA N° 05: Resultado del T- Student sobre la concentración de saponinas en *Chenopodium quinoa* “quinua” y en *Quillaja saponaria* “choloque”

| ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE T- STUDENT DE MUESTRAS EMPAREJADAS | | | | |
|---|----|------------------------|--------------|------------------------------------|
| Porcentaje de saponinas | Vs | Métodos empleados | Valor de “p” | Significancia |
| Quinua | Vs | Reacción de coloración | 0,001256 | Si existe diferencia significativa |
| | | Formación de espuma | 0,001361 | Si existe diferencia significativa |
| | | Afrosimétrico | 0,001135 | Si existe diferencia significativa |
| | | Espectrofotométrico | 0,001131 | Si existe diferencia significativa |
| Choloque | Vs | Reacción de coloración | 0,001255 | Si existe diferencia significativa |
| | | Formación de espuma | 0,001353 | Si existe diferencia significativa |
| | | Afrosimétrico | 0,001132 | Si existe diferencia significativa |
| | | Espectrofotométrico | 0,001129 | Si existe diferencia significativa |

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

Leyenda:

P > 0,05: No existe diferencia significativa.

P < 0,05: Si existe diferencia significativa.

Interpretación: La tabla N° 05 muestra un análisis estadística del T - Student de los resultados obtenidos sobre la concentración de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “; observándose que existe diferencia significativa.

V. DISCUSIÓN

Las saponinas son sustancias que tienen propiedades detergentes, son agentes emulsificantes y tienen la capacidad de destruir los glóbulos rojos por hemólisis. Se encuentran presentes en semillas, hojas, cortezas, frutos y tallos de algunas especies vegetales, tal es el caso del pericarpio de las semillas de *Chenopodium quinoa* “quinua”, y la especie de *Quillaja saponaria* “choloque” un árbol conocido comúnmente por contener saponinas en la corteza, hojas, madera y en la cáscara del fruto.

La presente investigación comparó la concentración de saponinas entre la quinua y el choloque; el estudio inició con la identificación de saponinas en las semillas de quinua y en los frutos del choloque mediante las reacciones de coloración de Lieberman-Burchard, de Salkowsky y de α -naftol. Las reacciones dieron positivo, ya que se observó coloración roja en la Prueba de Lieberman-Burchard, anaranjado en la Prueba de Salkowsky y violeta en la Prueba del α -naftol, tanto para el choloque como para la quinua (Tabla N° 01). Las saponinas por hidrólisis se desdoblán en carbohidratos y una aglicona llamada sapogenina que puede ser insaturada o con varios hidroxilos, grupos que forman complejos coloreados con reactivos ácidos como es el caso de los reactivos mencionados. La explicación a ello radica en que, con el reactivo de Liebermann-Burchard ocurre una deshidratación con formación de un doble enlace conjugado a un segundo doble enlace (formación de dienos), dando como resultado un producto coloreado indicativo de la presencia de compuestos esteroidales (con colores que van desde

el azul hasta el verde) y glicósidos triterpénicos (con colores que van desde rosado, rojo o violeta); en este caso, el pericarpio de las semillas de quinua y las cortezas de los frutos de choloque arrojaron un color rojo, por lo que se afirma que ambas muestras presentan saponinas triterpénicas; el mismo fundamento se da con el reactivo de Salkowski, quien en presencia de esteroides insaturados forma un anillo de color que va del amarillo al rojo (anaranjado en el presente estudio). Así mismo, el ácido sulfúrico con pentosas y hexosas da furfural o 5-(hidroximetil)-furfural, los que se condensan con α -naftol formando cromógenos, que en el medio ácido dan compuestos quinoides de color violeta.^{8,33}

Con la identificación de saponinas en las muestras de estudio, se realizó el ensayo de formación de espuma, el cual consistió en medir la altura de la espuma formada tras la agitación enérgica de las muestras en presencia de agua. Los resultados fueron 4,1 cm de altura promedio de formación de espuma para las semillas de quinua y 6,8 cm para la corteza del fruto de choloque (Tabla N° 02 y Gráfico N° 01). Este método de evaluación de saponinas se basa en la propiedad físico-química que presentan las saponinas para disminuir la tensión superficial de los líquidos acuosos, provocando abundante espuma por agitación. Valencia E et al (2005)³³ consideran presencia de saponinas cuando la formación de espuma sobrepasa los 3cm de altura, lo que permite afirmar que las muestras de quinua y de choloque presentan saponinas, respaldando lo encontrado en las reacciones de coloración anteriormente mencionadas; observándose además, que la muestra de choloque presentaba mayor concentración de saponinas por la mayor altura de espuma formada. Este hecho se corroboró con los métodos afrosimétrico y

espectrofotométrico, con valores del 0,49% para la quinua y 0,87% para el choloque (Tabla N° 03 y Gráfico N° 02) mediante el método afrosimétrico y, valores del 0,55% para las semillas de quinua y 0,91% para los frutos de choloque por el método espectrofotométrico (Tabla N° 04 y Gráfico N° 03); porcentajes con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) según el análisis del T – Student (Tabla N° 05). Ambas muestras de estudio presentan saponinas; sin embargo, *Quillaja saponaria* “choloque” tiene mayor concentración de saponinas en comparación con *Chenopodium quinoa* “quinua”, hipótesis que se planteó en la investigación.

Ya otros estudios, reportan la presencia de saponinas en *Chenopodium quinoa* “quinua”, diferenciándose de acuerdo a sus variedades, por ejemplo, Ahumada A et al (2016)¹ reportaron porcentajes de saponinas menores al 0,11% para las quinuas dulces y porcentajes superiores al 0,11% para las quinuas amargas. Por otro lado, el choloque ha sido utilizado desde tiempo atrás por sus propiedades detergentes, espumantes y emulsificantes, dándole el nombre de “jaboncillo” y, muchos estudios demostraron su alto contenido de saponinas, tal como Amambal E y Vega E (2017)³ que han reportado el 4,35% de saponinas triterpénicas en la cáscara de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”; Usiña K (2017)³² determinó que las muestras de los frutos de *Sapindus saponaria* L con mayor concentración de saponinas (3,7 – 8,5% de saponinas) se dio a tiempos de extracción de 48 y 72 horas mediante el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC); y Alarcón K (2016)² determinó 67% de saponinas en el fruto de *Sapindus saponaria* “choloque”.

Como anteriormente se mencionó, las saponinas son glicósidos vegetales que presentan unión entre la cadena azucarada y la genina mediante un enlace heterosídico en el carbono 3 del núcleo fundamental, son moléculas muy polares y los azúcares que constituyen los glicósidos saponínicos son: glucosa, arabinosa, ramnosa, galactosa y xilosa. Según la estructura de la genina o sapogenina se conocen dos grupos de saponinas: esteroidales (27 C) y triterpénicas (30 C), que poseen propiedades farmacológicas como, mucolíticos en el caso de toses crónicas, efecto diurético, depurador de la sangre, propiedades antimicrobianas, antifúngicas, antiinflamatorias, antitumoral, para la síntesis de hormonas sexuales y para la elaboración de emulsiones, entre otros. Sin embargo, es importante mencionar que en concentraciones altas es tóxica pues causan hemólisis, propiedad que se atribuye a su interacción con los esteroides de la membrana eritrocitaria, que induce un aumento de la permeabilidad de la membrana y un movimiento de iones, que finalmente permite la salida de la hemoglobina y como consecuencia, se produce anemia, hemoglobinuria e ictericia.

En base a los conocimientos teóricos sobre saponinas y a los resultados del presente estudio, se puede finalizar diciendo que si bien es cierto, *Quillaja saponaria* “choloque” presenta concentraciones mayores de saponinas en comparación a *Chenopodium quinoa* “quinua”, ésta última puede ser también una fuente alternativa, permitiendo potenciar su uso no solo a nivel nutricional, sino también a nivel farmacológico y cosmético.

VI. CONCLUSIONES

- *Quillaja saponaria* “choloque”, tiene mayor concentración de saponinas en comparación a *Chenopodium quinoa* “quinua”.
- Las reacciones de coloración (prueba de Lieberman-Burchard, Salkowsky y de α naftol) dieron positivo a la identificación cualitativa de saponinas tanto para *Chenopodium quinoa* “quinua” como para *Quillaja saponaria* “choloque”; así como la formación de espuma, que fue de 4,1 y 6,8 cm respectivamente.
- La concentración de saponinas mediante el método afrosimétrico fue: 0,49% para *Chenopodium quinoa* “quinua” y 0,87% para *Quillaja saponaria* “choloque”.
- La concentración de saponinas mediante el método espectrofotométrico fue: 0,55% para *Chenopodium quinoa* “quinua” y 0,91% para *Quillaja saponaria* “choloque”.

VII. RECOMENDACIONES

1. El contenido de saponinas en las plantas es influenciado por factores como el cultivo, edad de la planta, estado fisiológico, localización geográfica o el órgano vegetal, por ello se recomienda considerar estos factores en investigaciones futuras de *Chenopodium quinoa* “quinua” y de *Quillaja saponaria* “choloque”.
2. Realizar más estudios que permitan caracterizar las saponinas tanto de *Chenopodium quinoa* “quinua” como de *Quillaja saponaria* “choloque”, y poder determinar su potencial farmacológico; así como su toxicidad.
3. Las especies de *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque”, son fuentes considerables de saponinas, por lo que se recomienda hacer estudios de formulación de productos cosméticos (shampús).
4. Se recomienda incentivar la siembra de *Chenopodium quinoa* “quinua” tanto por su valor nutritivo como por la concentración de saponinas que presenta, así como también de *Quillaja saponaria* “choloque”.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benitez R. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. [Revista virtual]. 2016; 45 (3): 438 – 469. [fecha de acceso 05 de enero del 2018]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf>
2. Alarcón K. Extracción de saponinas del fruto de la *Sapindus saponaria* (choloque), y sus aplicaciones. Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. [Revista virtual]. 2016; 1 (1): 37 – 41. [fecha de acceso 03 de abril del 2016]. Disponible en:
<https://www.es.scribd.com/document/324585313/Choloque-Expociencia-docx>
3. Amambal E, Vega E. Efecto molusquicida del liofilizado de saponinas triterpénicas obtenidas de las cáscaras de los frutos de *Sapindus saponaria* L. “choloque” frente a hospederos intermediarios de *Fasciola hepática*. [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Perú: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Facultad de Ciencias de la Salud; 2017.
4. Ayala C. Efecto de localidades en el contenido de proteínas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). [Tesis para optar el Título Profesional de

- Ingeniero Agrónomo]. Perú: Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Facultad de Agronomía; 1997.
5. Chacchi K. Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa* willdenow) a nivel industrial. [Tesis para optar el Grado de Magister]. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, Escuela de Post Grado Especialidad de Agronegocios; 2009.
 6. Capelo W. Evaluación del potencial forrajero y alimenticio de la quinua dulce “sajama” y quinua amarga “chaucha” (*Chenopodium quinoa* Willd), en tres épocas de corte. En: II Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba; 1980. p. 57 – 84.
 7. Cárdenas M. 1944. Descripción preliminar de las variedades de *Chenopodium quinoa* “quinua” de Bolivia. Revista de Agricultura. [Revista virtual].1994; 2(2): 13 - 26. [fecha de acceso 12 de febrero del 2018].
Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
 8. Elías C, Díaz L, Rivera V, Díaz V. Estudio de un método rápido para la determinación de saponina en el procesamiento de quinua. Perú: Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA); 1983.

9. Erquinigo F. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo]. Perú: Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Facultad de Agronomía; 1970. p. 89 - 110.
10. Espejo R. Evaluación experimental de las saponinas de *Quillaja saponaria* “quillay” como inhibidoras del desarrollo de coccidias intestinales en pollos de engorde. [Tesis para optar al Título Profesional de Médico Veterinario]. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias; 2014.
11. Gallardo M, González J, Ponessa G. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua”. Rev Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos: [Revista virtual]. 1997; 39 (1): 71 - 80. [fecha de acceso 12 de febrero del 2017]. Disponible en:
<http://quinua.pe/.../Páginas-desdeINTA-Revista-Ciencia-y-Tecnologia-de-los-Cultivos-Indus>
12. Gallardo S, Gastó J. Estado y planeamiento hipotético del cambio de estado del ecosistema de *Quillaja saponaria* Mol. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía; 1987.
13. Guevara E. Saponinas triterpénicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la elaboración de una crema con actividad exfoliante. [Tesis para

optar el Título Profesional Bioquímico Farmacéutico]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia; 2012.

14. Gunsha L. Elaboración de un emulsionante cosmético a base de las saponinas del agua de lavado de quinua (*Chenopodium quinoa*) en Erpe. [Tesis para obtener el Título Profesional de Bioquímico Farmacéutico]. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia; 2013.
15. Guzmán B, Cruz D, Alvarado J, Mollinedo P. Cuantificación de saponinas en muestras de *Chenopodium pallidicaule* Aellen “cañihua”. Revista Boliviana de Química. [Revista virtual]. 2013; 30 (2): 131 – 136. [fecha de acceso 07 de febrero del 2018]. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/4263/426339680004.pdf>
16. Ligarda C, Carrasco Encina C, Herrera I, Axtell Z. Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). Rev. Soc. Quím. Perú. [Revista virtual]. 2012; 78 (1): 1810 – 1634. [fecha de acceso 12 de febrero del 2016]. Disponible en
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810

17. Lozano M, Ticona E, Carrasco C, flores Y, Almaza G. Cuantificación de saponinas en residuos de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua real”. Revista Boliviana de Química. [Revista virtual]. 2012; 29 (2): 5250- 5460. [fecha de acceso 04 de febrero del 2018]. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid...54602012000200002.
18. Maldonado F. Rendimiento en corteza de *Quillaja saponaria* Mol “quillay”, zona de Valparaíso. Chile: Universidad de Chile; Facultad de Agronomía; 1998.
19. Mejía A, Ortiz R, Agroindustria de *Chenopodium quinoa willd*, “quinua” en los países andinos. Perú: Vedia Historiadores primitivos S.A. 2006. p.100 - 180.
20. Mera E. Propagación vegetativa en *Quillaja saponaria* Mol. “quillay”. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Forestal]. Chile: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales; 1990.
21. Molina A. Desarrollo de un método de lavado por agitación y turbulencia del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Peru: Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Industrias Alimentarias; 1972.

22. Monje Y, Raffailac P. Determinación de saponina total en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) método espectrofotométrico. Revista de Fitotecnia. [Revista virtual]. 2016; 1 (2): 217 – 230. [fecha de acceso 02 de enero del 2018]. Disponible en:
<https://www.es.scribd.com/doc/.../determinacion-de-saponina-total-en-quinua>
23. Moya E, San Martín R, Apablaza G. Evaluación de un extracto de saponinas de *Quillaja saponaria* para el control de *oidios* de trigo y zapallo. Rev Agro Sur. [Revista virtual]. 2010; 38(2): 87- 96. [fecha de acceso 13 de febrero del 2017]. Disponible en:
<http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304...script=sci>
24. Muñoz J, Pintado J. Evaluación de pollos camperos en producción intensiva y semi-intensiva con suplementación de extracto de *Quillaja saponaria* y residuos de hortalizas. [Tesis de Grado, previo a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista]. Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2016.
25. Navarrete A. Estado de desarrollo ex-situ de quillay (*Quillaja saponaria* Mol), keule (*Gomortega keule* Mol y Baillon) y belloto del sur (*Beilschmiedia berteriana* gay y Kosterm) en Valdivia. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal]. Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales; 2006.

26. Neuenschwander A. Contribución al estudio anatómico de la corteza de *Quillaja saponaria* Mol “quillay” y recomendaciones sobre su explotación. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 1995.
27. Rea J. Biología floral de *Chenopodium quinoa* Willd “quinua”. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo]. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Agronomía; 1969.
28. Sfeir J. Evaluación de la fitomasa y metabolitos de interés comercial en boldo (*Peumus boldus* Mol), quillay (*Quillaja saponaria* Mol) y eucaliptos (*Eucalyptos spp.*) en la VII Región. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal]. Chile: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales; 1990.
29. Taranco M, Solís C, Chávez N, Peña A. Extracción de saponinas de *Chenopodium quinoa* “quinua” para su utilización en la elaboración de productos cosméticos. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2005.
30. Toral M, Rosende R. Producción y Productividad del quillay. [Revista virtual]. 1986; 3(8): 19 - 21. [fecha de acceso 12 de febrero del 2017].
Disponible en:
http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/reyes_m/sources/reyesm.pdf.

31. Trujillo N, Valencia F. Determinación de un método eficiente para la extracción de saponinas producidas durante el lavado de *Chenopodium quinoa* “quinua” y su uso como tensoactivo en la elaboración de champú. [Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos]. Ecuador: Universidad de las Américas de Ecuador, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias; 2017.
32. Usiña K. Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria* L “choloque”. [Tesis para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química Farmacéutica; 2017.
33. Valencia E. Donald D, Cuyos M, Dueñas R. extracción, identificación y evaluación de saponinas en *Agaricus bisporus*. Revista Biotempo. [Revista virtual]. 2005; 5 (1): 31- 36. [fecha de acceso 02 de abril del 2018].
Disponible en:
<http://www.revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/889>
34. Yarko M, Pierre R. Determinación de Saponinas totales en quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) por espectrofotometría. [Revista virtual]. 2006; 4 (12): 45 – 89. [fecha de acceso 11 de febrero del 2017]. Disponible en:
<http://www.scribd.com/bolivianjournalofchemistry>

ANEXOS

ANEXO N° 01

Muestras de semillas de quinua y frutos de choloque



Frutos de choloque



Semillas de quinua

ANEXO N° 02

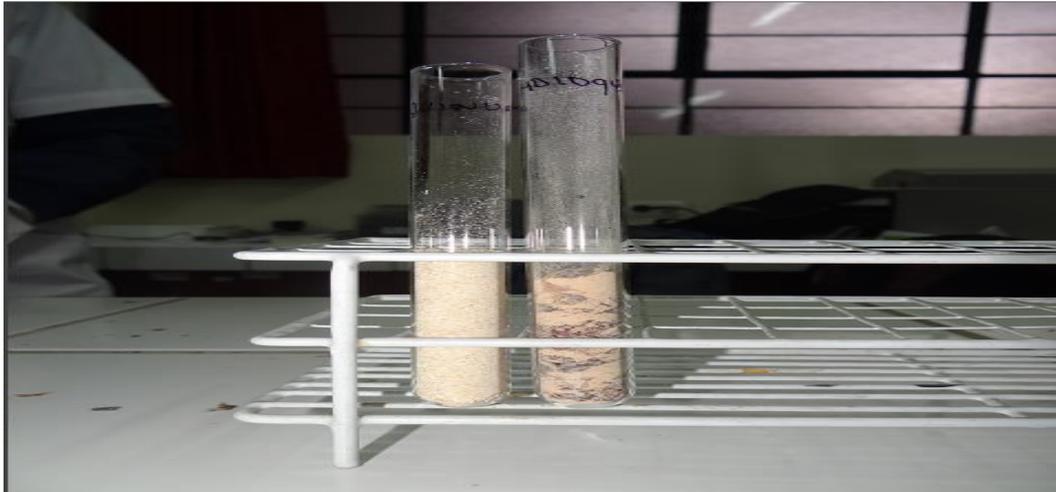
Preparación del extracto



Trituración de la corteza de los frutos del choloque



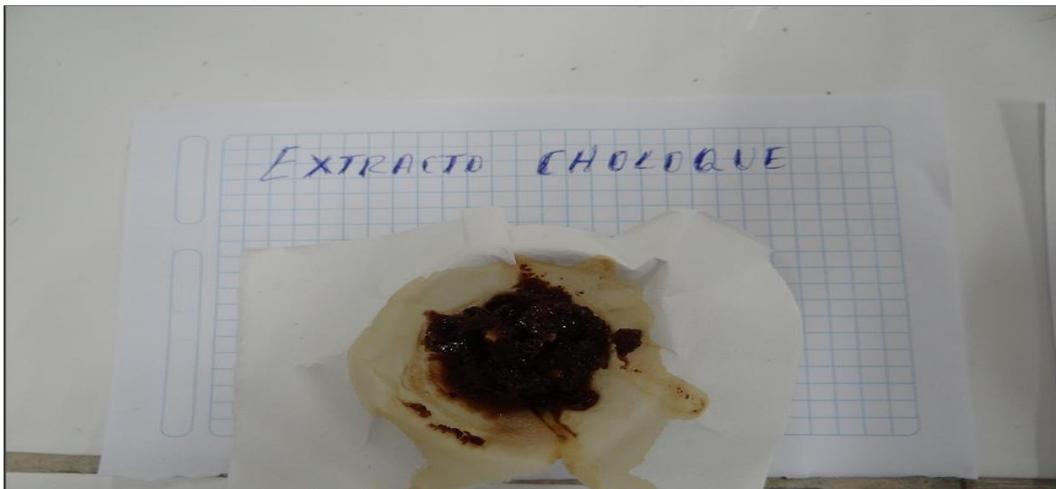
Trituración de las semillas de la quinua



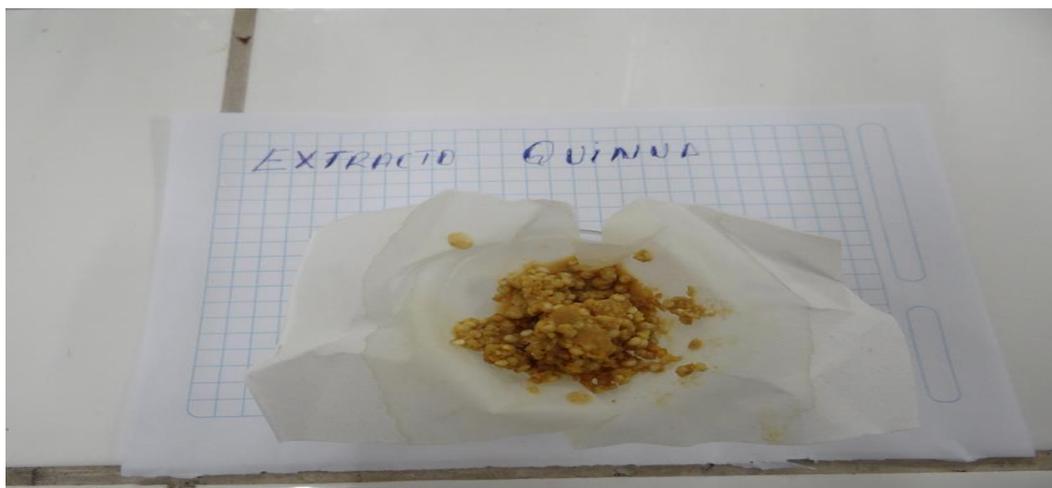
Muestras en tubos de ensayo



Muestras en baño maría



Extracto de choloque



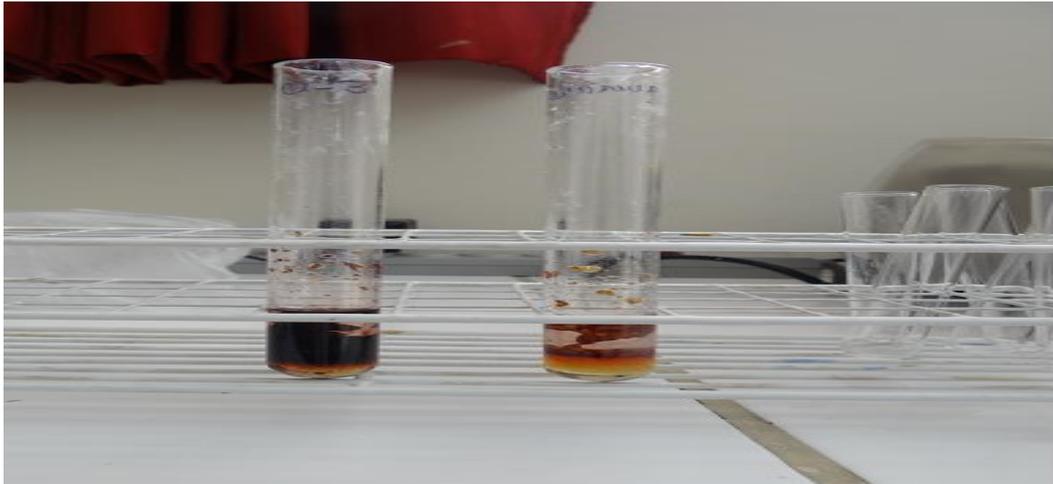
Extracto de quinua

ANEXO N° 03

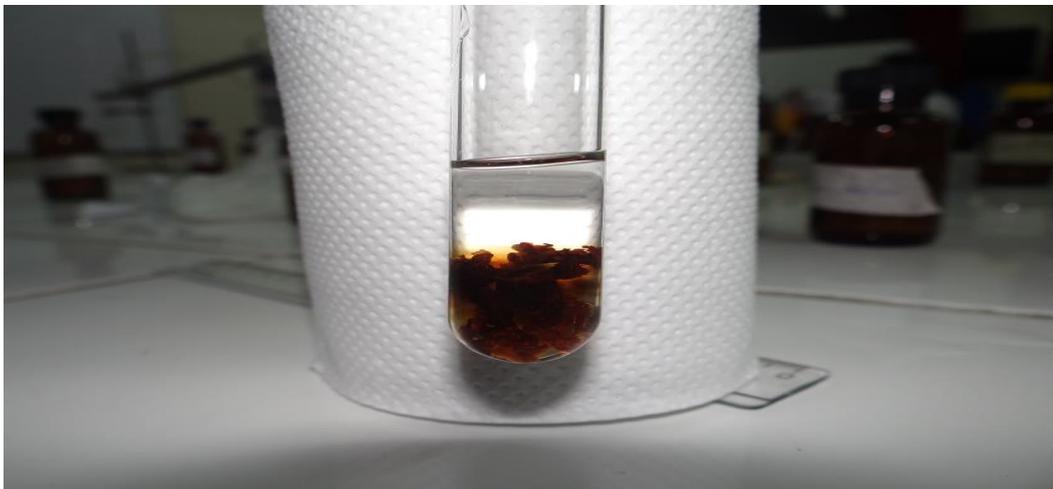
IDENTIFICACIÓN DE SAPONINAS

a) Reacciones de coloración

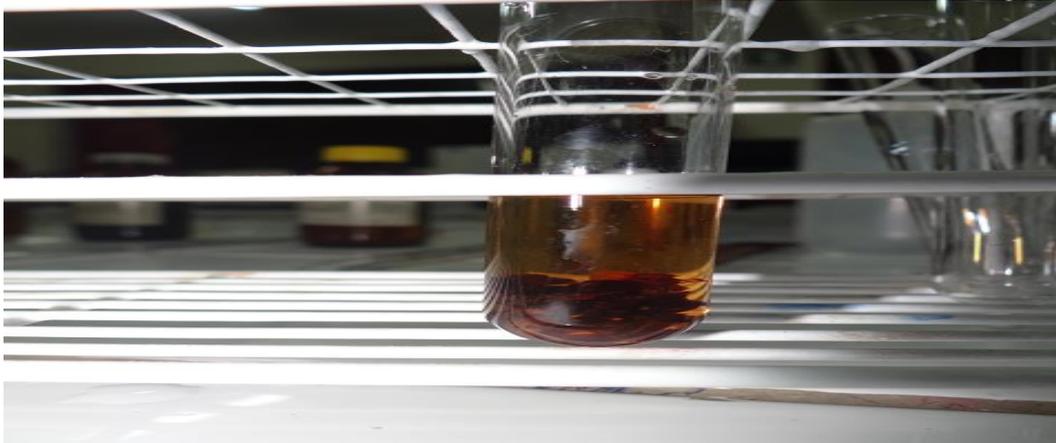
- Prueba de Lieberman-Burchard



- Prueba de Salkowsky

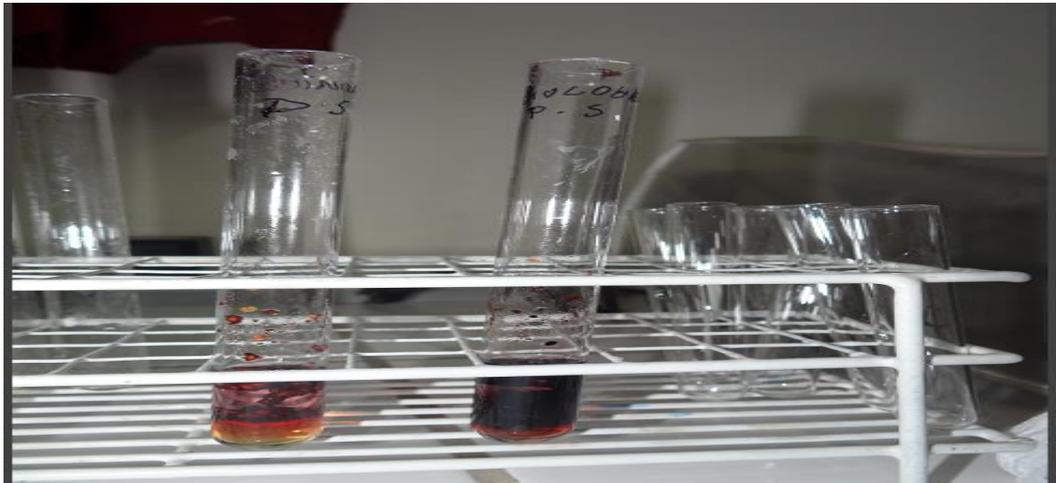


Quinoa



Choloque

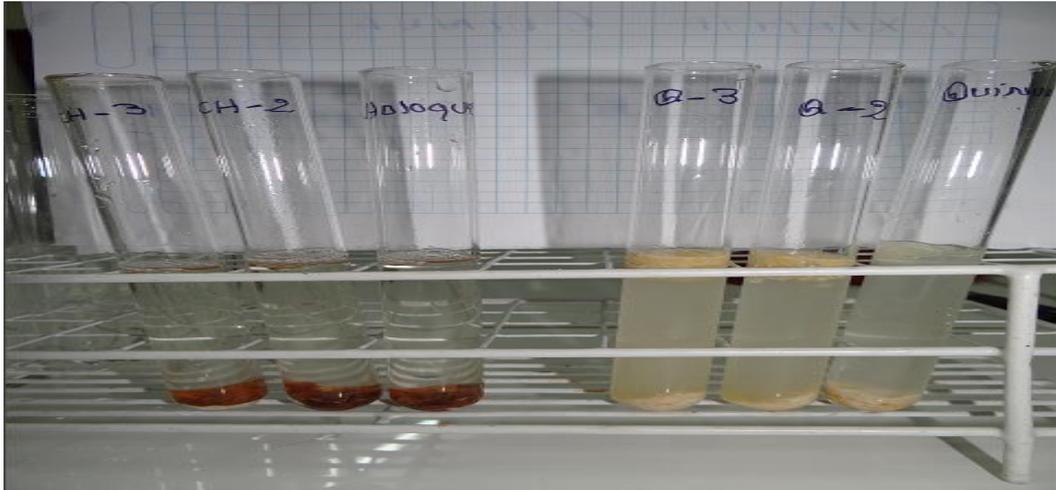
- Prueba de α -naftol



b) Formación de espuma



Muestras de semillas de quinua y frutos de choloque triturados



Muestras previa, adición de agua destilada



Formación de espuma de la corteza del fruto del choloque



formación de espuma de las semillas del choloque

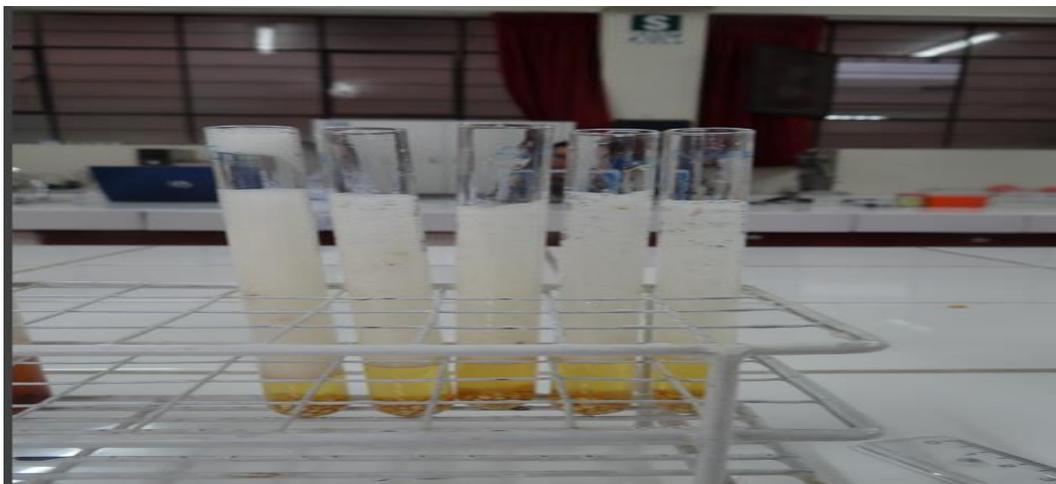
ANEXO N° 04

CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS

a) Método afrosimétrico



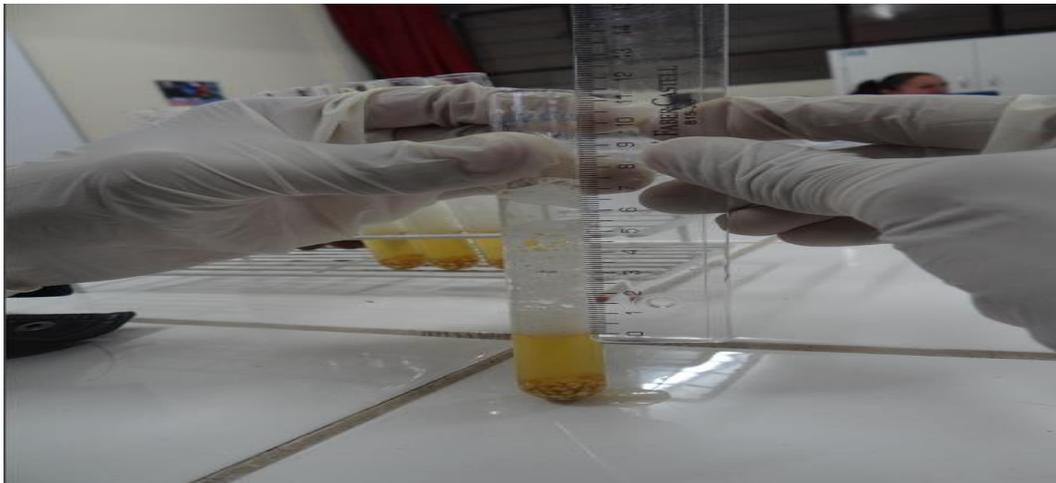
Choloque



Quinoa

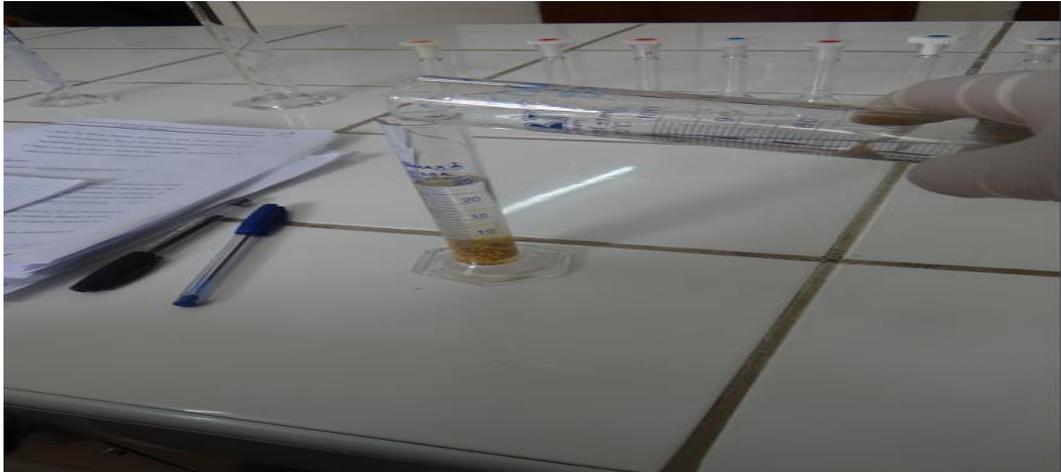


Choloque

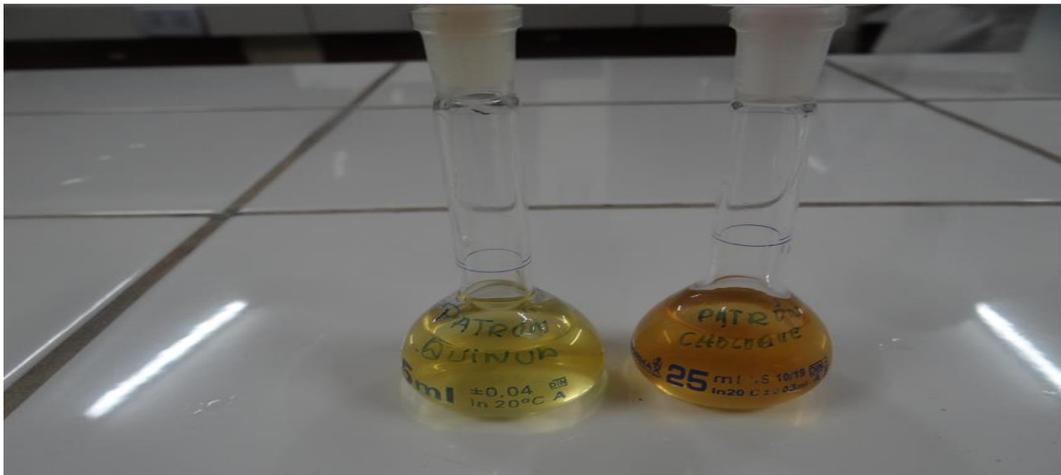


Quinoa

b) Método espectrofotométrico



Instrumentos para la preparación de la solución patrón



Solución patrón de quinua y choloque



Preparación de las diluciones



Reactivo del Lieberman-Burchard



Lectura en el espectrofotómetro

ANEXO N° 05

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Prueba de T- Student para dos muestras suponiendo varianza iguales (método de formación de espuma)

| | Variable 1 | Variable 2 |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Media | 4,1 | 6,8 |
| Varianza | 0,07 | 0,01 |
| Observaciones | 3 | 3 |
| Varianza agrupada | 0,040 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,000 | |
| Grados de libertad | 4 | |
| Estadístico t | -16,53 | |
| P(T<=t) una cola | 0,00004 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 2,13 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,000078 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,78 | |

Prueba de T- Student para dos muestras suponiendo varianza iguales (método afrosimétrico)

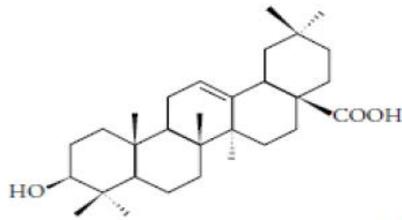
| | Variable 1 | Variable 2 |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Media | 0,49 | 0,87 |
| Varianza | 0,000 | 0,00447 |
| Observaciones | 5 | 5 |
| Varianza agrupada | 0,00236 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,0000000 | |
| Grados de libertad | 8 | |
| Estadístico t | -12,43 | |
| P(T<=t) una cola | 0,0000008 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,860 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,0000016 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,306 | |

**Prueba de T- Student para dos muestras suponiendo varianza iguales
(método espectrofotométrico)**

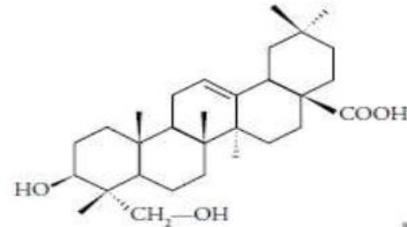
| | Variable 1 | Variable 2 |
|-------------------------------------|------------|------------|
| Media | 0,55 | 0,91 |
| Varianza | 0,001 | 0,000 |
| Observaciones | 3 | 3 |
| Varianza agrupada | 0,0007 | |
| Diferencia hipotética de las medias | 0,00 | |
| Grados de libertad | 4 | |
| Estadístico t | -17,23 | |
| P(T<=t) una cola | 0,000033 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 2,132 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,000067 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,78 | |

ANEXO N° 06

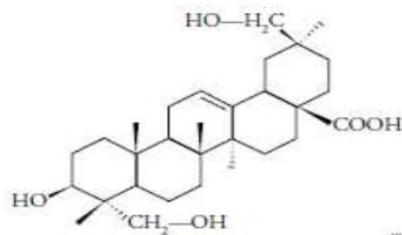
Química de las saponinas



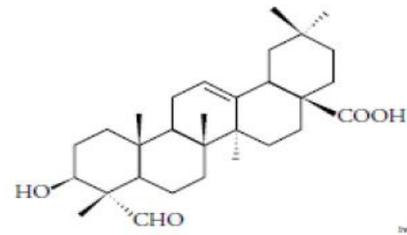
Ácido oleanólico



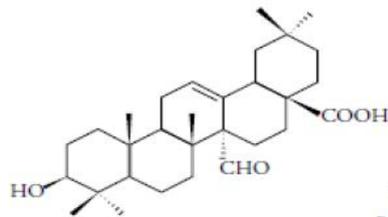
Hederagenina



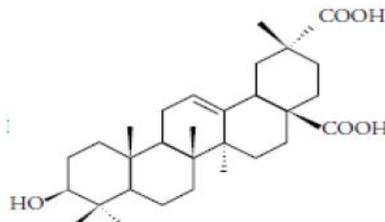
ácido 3β, 23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico



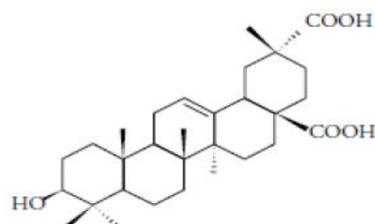
gipsogenina



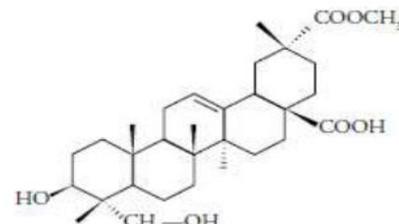
ácido 3β-hidroxi-27-oxoolean-12-eno-28-oico



ácido espergulagénico



ácido serjanico



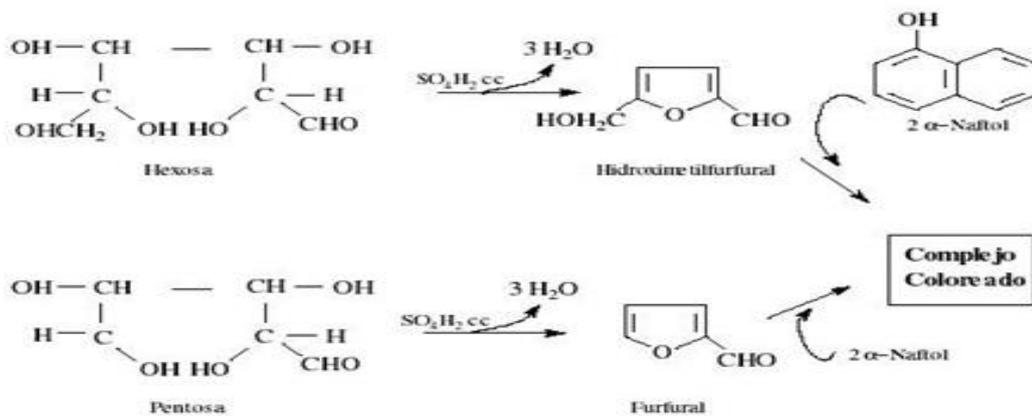
ácido fitolacagénico

Fuente: Ahumada A, Ortega A, Chito D, Benitez R. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico. Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm. [Revista virtual]. 2016; 45 (3): 438 – 469.¹

ANEXO N° 07

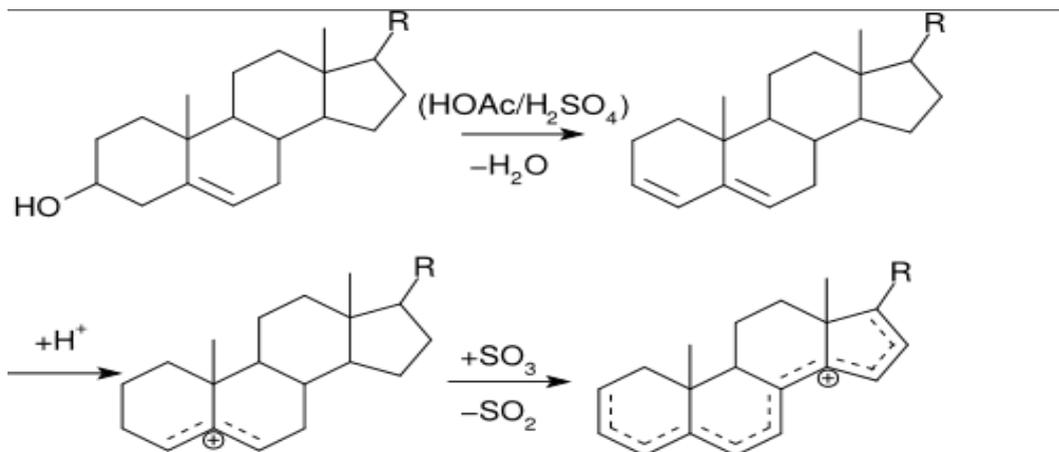
Estructura de las reacciones de identificación de saponinas

Prueba de α - naftol:



Fuente: Monje Y, Raffaillac P. Determinación de saponina total en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) método espectrofotométrico. Revista de Fitotecnia. [Revista virtual]. 2016; 1 (2): 217 – 230.²²

Prueba de Lieberman-Burchard:



Fuente: Monje Y, Raffaillac P. Determinación de saponina total en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) método espectrofotométrico. Revista de Fitotecnia. [Revista virtual]. 2016; 1 (2): 217 – 230.²²