



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

**“ANÁLISIS DEL EFECTO DEL MÉTODO DE PERLADO DE  
QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) SOBRE LA CANTIDAD DE  
SAPONINAS”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar el título de:

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**AUTORA: ANA LUCIA TIMBILA VELEZ**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

**“ANÁLISIS DEL EFECTO DEL MÉTODO DE PERLADO DE  
QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) SOBRE LA CANTIDAD DE  
SAPONINAS”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar el título de:

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**AUTORA: ANA LUCIA TIMBILA VELEZ**

**DIRECTORA: Ing. PAOLA FERNANDA ARGUELLO HERNANDEZ**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Ana Lucia Timbila Vélez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Ana Lucia Timbila Vélez, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de agosto de 2022




**Ana Lucia Timbila Vélez**

**235050680-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Trabajo Experimental **ANÁLISIS DEL EFECTO DEL MÉTODO DE PERLADO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) SOBRE LA CANTIDAD DE SAPONINAS**, realizado por la señorita: **ANA LUCIA TIMBILA VELEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Fernanda Miranda Salazar <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-08-10
Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández, Ms. <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-08-10
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, Ms. C <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-08-10

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación se lo dedico principalmente a mi mamá, ya que esta mujer valiente, tras la muerte de mi padre, dedicó sus días a trabajar sin descanso para que jamás nos falte a nosotros sus cinco hijos: un pan en la mesa, gozar de una buena salud y educación; mujer que con su ejemplo me enseñó que una baja situación económica no es razón suficiente para no soñar en grande, y que hay que trabajar mucho para lograr lo propuesto, me enseñó a valorar mucho el sacrificio y el valor del dinero. A mi hermano mayor Jorge quien aparte de ser mi figura paterna, con su ejemplo de responsabilidad y dedicación me ha motivado en mi vida tanto personal como estudiantil para dar lo mejor de mí; a mi hermana Jissela que siempre me ha inculcado el amor a Dios y que a pesar de que conociera todos mis defectos nunca me ha dejado sola; a mi dos hermanos menores Jefferson por ser un apoyo afectivo en mi vida y por ser cómplice de mis travesuras, a Romelito por siempre recordarme que hay alguien para el cual soy su ejemplo y por motivarme a seguir luchando para poder contribuir en su vida, a mi prima Mary por ser mi compañera eterna de travesuras y por compartir los problemas que acarrearón esta fase de mi vida, a mis amigas: Mabe, Vane, Majito, Joiz, Yesse, Nico, Grasy, Dayana; y amigos: Quindi, Arielito y Oscarito que hicieron llevadero el dejar a mi familia y continuar mi vida universitaria en otra ciudad y a mi mejor amiga de toda la infancia Jenny.

Ana Lucia

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme salud y vida, porque me dio fuerzas y entusiasmo para poder terminar esta etapa estudiantil, a mi mamá por el esfuerzo que le puso a su trabajo para poder cumplir con este objetivo, a mis hermanos y demás familia por impulsarme a seguir preparándome. Agradezco también a mi querida ESPOCH por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, de igual modo a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial y sus docentes quienes con sus conocimientos contribuyeron a la culminación de manera satisfactoria de esta fase, a mis grandes amigos por enseñarme la importancia del trabajo en equipo y las tantas alegrías compartidas. Finalmente, un agradecimiento especial a la Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández, director y al “Dr. Juan Marcelo Ramos, Ms.C” asesor del presente Trabajo de Integración Curricular titulación; por su entrega y dedicación en la culminación del mismo.

Ana Lucia

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRAC.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO 1

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL .....	4
1.1. Quinoa.....	4
1.1.1. <i>Historia</i> .....	4
1.1.2. <i>Descripción de la planta quinua:</i> .....	4
1.1.3. <i>Planta</i> .....	5
1.1.3.1. <i>Taxonomía de la planta de quinoa:</i> .....	5
1.1.4. <i>Definición de la semilla de quinua</i> .....	5
1.1.5. <i>Propiedades nutricionales de la quinua</i> .....	7
1.1.6. <i>Producción de la quinua en Ecuador:</i> .....	8
1.1.7. <i>Producción de quinua en Chimborazo en relación a otras provincias</i> .....	9
1.1.8. <i>Variedad de quinua en Ecuador</i> .....	10
1.1.9. <i>Operaciones de postcosecha:</i> .....	10
1.1.9.1. <i>Método de lavado por agitación y turbulencia</i> .....	11
1.1.9.2. <i>Método en seco por rozamiento o Escarificado</i> .....	13
1.1.9.3. <i>Método termo mecánico en seco:</i> .....	14
1.1.9.4. <i>Método Combinado:</i> .....	14
1.1.9.5. <i>Método químico y lavado:</i> .....	15



1.2.	<b>Saponinas</b> .....	15
1.2.1.	<i>Definición y estructura:</i> .....	15
1.2.2.	<i>Impacto a la salud:</i> .....	17
1.2.3.	<i>Requisito para la comercialización de quinua:</i> .....	18
1.3.	<b>Microscopia de quinua</b> .....	18

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
2.1.	<b>Localización y duración del experimento</b> .....	20
2.2.	<b>Unidades experimentales</b> .....	20
2.3.	<b>Materiales, equipos, reactivos, material vegetal y estándar</b> .....	20
2.3.1.	<i>Materiales</i> .....	20
2.3.2.	<i>Equipos</i> .....	21
2.3.3.	<i>Reactivos</i> .....	21
2.3.4.	<i>Material Vegetal</i> .....	21
2.3.5.	<i>Estándar</i> .....	22
2.4.	<b>Tratamiento y diseño experimental</b> .....	22
2.4.1.	<i>Diseño experimental:</i> .....	22
2.5.	<b>Mediciones experimentales</b> .....	23
2.6.	<b>Análisis estadísticos y pruebas de significancia</b> .....	23
2.7.	<b>Procedimiento experimental</b> .....	23
2.7.1.	<i>Obtención, análisis de humedad y estereomicroscopía en quinua</i> .....	23
2.7.1.1.	<i>Obtención de muestras de quinua</i> .....	23
2.7.1.2.	<i>Análisis de humedad en muestras de quinua</i> .....	23
2.7.1.3.	<i>Análisis de estereomicroscopía</i> .....	24
2.7.2.	<i>Curva de calibración</i> .....	24
2.7.2.1.	<i>Preparación de patrones estándar de saponina</i> .....	24
2.7.2.2.	<i>Lectura de diluciones de la concentración madre</i> .....	25
2.7.3.	<i>Determinación de saponina por Cromatografía Líquida de alta Resolución</i> .....	25

2.7.3.1.	<i>Extracción de saponina de las muestras</i> .....	25
2.7.3.2.	<i>Cuantificación de saponina por HPLC</i> .....	25
2.7.4.	<i>Determinación de saponina por método espumoso</i> .....	26
2.8.	<b>Metodología de evaluación:</b> .....	26
2.8.1.	<i>Determinación de Humedad:</i> .....	26
2.8.2.	<i>Método espumoso:</i> .....	27
2.8.3.	<i>Método HPLC:</i> .....	27
2.9.	<b>Método estadístico</b> .....	28

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	29
3.1.	<b>Muestras analizadas</b> .....	29
3.2.	<b>Contenido de saponinas</b> .....	31
3.2.1.	<i>Caracterización de materia prima</i> .....	31
3.2.2.	<i>Cuantificación de saponinas en quinua perlada</i> .....	32
3.3.	<b>Efectividad del método de perlado</b> .....	34
3.4.	<b>Efectividad del método de cuantificación de saponinas</b> .....	35
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	36
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	38
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Taxonomía de la planta de quinua.....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Contenido de macronutrientes en la quinua, por 100 g de peso.....	7
<b>Tabla 3-1:</b>	Contenido de minerales en la quinua, por 100 g de peso en seco.....	7
<b>Tabla 4-1:</b>	Contenido de vitaminas en la quinua, en mg/100 g en peso seco.....	8
<b>Tabla 5-1:</b>	Producción anual de quinua en Ecuador años 2005-2015.....	9
<b>Tabla 6-1:</b>	Superficie y Producción de Quinua año 2019.....	9
<b>Tabla 7-1:</b>	Variedad de Quinua en Ecuador.....	10
<b>Tabla 8-1:</b>	Requisitos para la comercialización de quinua.....	18
<b>Tabla 9-1:</b>	Requisitos Bromatológicos de la quinua.....	18
<b>Tabla 1-2:</b>	Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba.....	20
<b>Tabla 2-2:</b>	Tratamiento para análisis de método de perlado.....	22
<b>Tabla 3-2:</b>	Análisis de T'student.....	23
<b>Tabla 4-2:</b>	Concentraciones para la calibración.....	25
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de humedad y microscopía en quinua organización 1.....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Análisis de humedad y microscopía en quinua de organización 2.....	30
<b>Tabla 3-3:</b>	Cuantificación de saponina en quinua sin procesar.....	31
<b>Tabla 4-3:</b>	Resultados de cuantificación de saponinas en quinua perlado.....	32
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis estadístico (t student) de los dos métodos de perlado.....	34
<b>Tabla 6-3:</b>	Análisis estadístico (t student) de los dos métodos de cuantificación de saponinas.....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Obtención de quinua por el método de lavado en seco .....	11
<b>Gráfico 2-1:</b>	Obtención de quinua perlada por el método en seco .....	13
<b>Gráfico 3-1:</b>	Obtención de quinua perlada por método termo mecánico en seco. ....	14
<b>Gráfico 4-1:</b>	Obtención de quinua perlada por el método combinado .....	14
<b>Gráfico 5-1:</b>	Obtención de quinua perlada por el método químico y lavado .....	15
<b>Gráfico 6-1:</b>	Estructura general de una saponina de quinua .....	16
<b>Gráfico 7-1:</b>	Estructura de saponina monoglicosilada: ácido 3-O- $\beta$ -D-glucopiranosil oleanólico .....	16
<b>Gráfico 8-1:</b>	Estructura de saponinas de la corteza de Quillaja Saponaria .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Sección longitudinal media del grano de quinua .....	6
<b>Figura 2-1:</b>	Micrografía de quinua sin procesar.....	19
<b>Figura 3-1:</b>	Micrografía de quinua procesada.....	19
<b>Figura 4-1:</b>	Micrografía de evolución de la remoción del pericarpio de quinua.....	19

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** T' STUDENT DE LA QUINUA SIN PROCESAR

**ANEXO B:** ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS A TRAVÉS DE LA PRUEBA  
KOLMOGOROV-SMIRNOV

**ANEXO C:** CERTIFICADO DE ANÁLISIS A SAPONARIA QUILLAJA

**ANEXO D:** RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE TRABAJO

**ANEXO E:** RESUMEN DE RESULTADOS DE CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS

**ANEXO F:** FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

## RESUMEN

La investigación tuvo por objeto determinar el efecto del método de perlado de quinua sobre la cantidad de saponinas, para lo cual se cuantificó la cantidad de saponinas mediante el método espumoso y HPLC. La obtención de las muestras de quinua sin procesar y perlada por dos métodos se lo realizó visitando a las empresas procesadoras y a las cuales se las codificó de la siguiente manera: T1 (Método de perlado combinado) y T2 (Método de perlado vía húmeda), a las muestras se les realizó un análisis previo (humedad y estereomicroscopía), luego se cuantificó la cantidad de saponinas, en el método espumoso, la metodología se basó en agitar la muestra de quinua con agua en varias ocasiones finalmente se midió la altura de espuma; la metodología HPLC, se elaboró una curva de calibración con un estándar de saponaria Quillaja 33%, luego las muestras fueron maceradas y filtradas, luego se inyectó en el equipo HPLC 70  $\mu$ L leídas a 310 nm. El método espumoso el T1 arrojó valores de 0.00% de saponina, mientras que el T2 dieron valores entre 0.0055 a 0.0188%; en el método HPLC T1 y T2 tuvieron valores de 2.95 hasta 3.24%, y de 3.42 a 3.84% respectivamente. En el análisis estadístico T-Student en cuanto al método de perlado estableció diferencias significativas. El análisis estadístico identificó que el método de perlado combinado elimina mayor cantidad de saponina, pero ambos estuvieron dentro del rango permitido; para el método HPLC resultados obtenidos no fueron efectivos. Por lo antes mencionado se recomienda realizar el método de perlado vía húmeda para disminuir costos.

**Palabras claves:** <QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) >, <QUINUA PERLADA>, <SAPONINAS>, <CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCION (HPLC)>, <METODO ESPUMOSO>, <QUILLAJA SAPONARIA SP>.

  
D.B.R.A.  
Ing. Cristhian Castillo



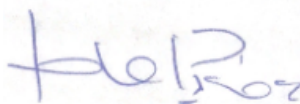
1836-DBRA-UTP-2022

## ABSTRAC

The objective of the research was to determine the effect of the quinoa pearling method on the amount of saponins, for which the amount of saponins was quantified by the foaming method and HPLC. Samples of unprocessed and pearled quinoa were obtained from the processing companies and coded as follows: T1 (combined pearling method) and T2 (wet pearling method). The samples underwent a previous analysis (humidity and stereomicroscopy), then the amount of saponins was quantified. In the foaming method, the methodology was based on shaking the quinoa sample with water on several occasions and finally the height of foam was measured. In the HPLC methodology, a calibration curve was prepared with a Quillaja 33% saponaria standard, then the samples were macerated and filtered, and then 70  $\mu$ L were injected into the HPLC equipment and read at 310 nm. The foam method T1 yielded values of 0.00% of saponin, while T2 gave values between 0.0055 to 0.0188%. In the HPLC method T1 and T2 had values from 2.95 to 3.24%, and from 3.42 to 3.84% respectively. The T-student statistical analysis for the pearling method established significant differences. The statistical analysis identified that the combined pearling method eliminated a greater amount of saponin, but both were within the permitted range; for the HPLC method the results obtained were not effective. For the above mentioned, it is recommended to use the wet pearlization method to reduce costs.

**Keywords:** <QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd.*)>, <PEARLED QUINOA>, <SAPONINS>, <HIGH RESOLUTION LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)>, <HUMID METHOD>, <SAPONARIAN QUINOA SP>.

1836-DBRA-UTP-2022



Dra. Gloria Isabel Escudero Orozco

CI. 0602698904



## INTRODUCCIÓN

La quinua es considerada un pseudocereal porque posee características similares a los granos de cereal y además por pertenecer a la familia “*Chenopodium*”. La quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) es uno de los productos alimenticios más antiguo del área andina, su cultivo alcanza reconocimiento desde la civilización Inca, tiene gran adaptabilidad tanto en zonas áridas y semiáridas, cabe recalcar que por sus características nutricionales tanto en contenido de proteína, vitaminas y minerales, este producto es parte de la dieta del poblador altoandino, sin embargo la cultura oriental también lo agrega en su base alimenticia (Meyhuay, 2013: pp. 1-2).

Los cultivos de quinua originalmente se localizaban en Bolivia, Perú, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina, cabe recalcar que la mayor diversidad de genotipos y progenitores silvestres de quinua se encuentran en Bolivia y Perú (Candia, 2016, p: 13), sin embargo en 1986 se liberan las primeras variedades de quinua de origen ecuatoriano mejoradas, es importante indicar que luego de la conquista española se introdujo cereales como la cebada y el trigo, haciendo que el cultivo de la quinua sea marginada y pase desapercibida por los pobladores urbanos.

Según el Ministerio de Agricultura y Riego de Perú es el mayor productor de quinua con un 53.3% del volumen mundial, seguido de Bolivia con un 44% y Ecuador con un 2.7%. De acuerdo con las exportaciones de quinua Perú sigue siendo el líder ya que en el 2017 colocó en el mercado internacional un 47.3% del volumen total exportado, Bolivia no se queda atrás ya que de igual manera realiza grandes exportaciones con un 31.4 % de participación, Estados Unidos con un 5.6% y Países Bajos con un 3.6% (Saltos, 2020, pp: 11-12). La importancia de las semillas de quinua se centra en que son ricas fuentes de aminoácidos esenciales asimilando a la caseína por su valor biológico, que por su variada composición permite el desarrollo de alimentos funcionales.

Sin embargo, la quinua presenta también factores antinutricionales como saponinas, fitatos, taninos o triterpenoides, dichos factores pueden acarrear diversos problemas en el organismo en el caso de ser consumidas en exceso. La saponina es un claro ejemplo de, este componente no solo le da un sabor amargo afectando las características organolépticas de la quinua, sino que también afecta al organismo con efectos adversos como dolor estomacal, náuseas, diarrea, problemas de digestión, y el efecto más peligroso es que puede producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y sangre, lo que acarrearía detrimento en el crecimiento ya que no se podría absorber los nutrientes de manera correcta (Armada et al., 2012: p. 51) no obstante se sabe que la administración de saponina por vía endovenosa es altamente tóxica pero se afirma que por vía oral se puede administrar en grandes dosis ya que esta sustancia no es absorbida por las mucosas intestinales, pero hay que considerar que el sabor amargo si resulta un

problema para el consumo de quinua , este componente está presente en la cáscara de la quinua, su contenido permite distinguir las variedades de quinua como dulces ( $<0,11\%$  de saponinas) y amargas ( $>0,11\%$ ) (Armada et al., 2012: p. 52) , por ende la eliminación de saponina de la manera adecuada es uno de los requisitos de para poder comercializar la quinua de forma inocua, la eliminación de saponina se realiza por diferentes métodos de perlado como es por vía húmeda o lavado por agitación, por vía seca o por escarificado, método termo mecánico en seco, método químico y lavado y finalmente un método combinado entre los métodos secos y húmedos (Meyhuay, 2013: p. 19), estos métodos son importantes ya que hacen que el contenido de saponina en la quinua sea lo más mínimo posible o que al menos entren al límite máximo permitido según la FAO (2020, p.3) que es de 0.12%.

La quinua en Chimborazo es muy importante ya que ha proporcionado una estrategia de supervivencia para los agricultores de esta provincia, COPROBICH y SUMAK LIFE son las organizaciones encargadas del procesamiento de la mayor cantidad quinua, dichas empresas están comprometidas al trabajo mancomunado con los productores de quinua orgánica y estas realizan los métodos de perlado por vía húmeda y seca, respectivamente.

Teniendo en cuenta que los métodos de perlado permiten disminuir la cantidad de saponina que se encuentra en el grano se establece que la diferencia entre el método vía húmeda y vía seca es que el primero realiza un acondicionamiento que se trata de remojar por 30 minutos la quinua con agua a temperatura ambiente, luego de eso se procede a realizar un lavado por agitación, donde los granos de quinua son sometidos a un proceso de fricción húmeda, dicha fricción es intensa entre los granos y las paredes del equipo, lo que permite la eliminación de las cáscaras y los compuestos responsables del sabor amargo, otra operación que la diferencia del método de vía seca es el deshidratado ya que al someter el grano a una hidratación este producto gana humedad lo que hace que sea susceptible al desarrollo microbiano; en cambio en el método perlado de vía húmeda lo diferente es el escarificado o pulido que se trata de que, al usar un equipo de acción combinada de tambores giratorios y tamiz estacionario, permite un constante raspado de los granos de quinua contra las paredes de las mallas. El polvillo desprendido de los granos pasa a través de la malla y es separado por gravedad o mediante uso de succionadores de aire. La importancia de este trabajo experimental es identificar que método de perlado es más eficiente en la eliminación de saponinas, para ello se procede a determinar la cantidad de saponinas en la quinua de las dos organizaciones antes mencionadas por el método espumoso establecido por la norma INEN (2013, pp. 1-2) y que es un protocolo básico que no requiere equipos o reactivos costosos, sin embargo, no presenta la sensibilidad necesaria para asegurar que efectivamente corresponde al valor real de saponinas. Por esta razón es importante usar un método a nivel de laboratorio que permita corroborar esos resultados y en este trabajo experimental el método es

mediante HPLC. Para poder llevar a cabo este trabajo experimental se pretende determinar el efecto del método de perlado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) sobre la cantidad de saponinas. Y para ello se obtiene las muestras de quinua de 2 métodos de perlado provenientes de organizaciones productoras de quinua en Chimborazo, posteriormente se cuantifica la cantidad de saponinas mediante el método espumoso y el método de HPLC y finalmente se establece el mejor método de perlado de acuerdo a los resultados obtenidos

# CAPÍTULO 1

## 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 1.1. Quinua

#### 1.1.1. *Historia*

La quinua, es conocida como una planta andina, tiene mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí - Bolivia y Sicuani – Perú (FAO, 2011, p. 1).

Existen escasas evidencias arqueológicas, lingüísticas, etnográficas e históricas sobre la quinua. No obstante, existen evidencias claras de la distribución de los parientes silvestres, botánicas y citogenéticas, lo que demuestra que su domesticación tomó mucho tiempo, hasta conseguir la planta domesticada y cultivada a partir de la silvestre (Mujica et al., 2021, p.1).

La especie fue adaptada a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, haciendo que la planta presente una amplia adaptación desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm y usos diversos en las diferentes comunidades étnicas de acuerdo a sus necesidades alimentarias. La quinua fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas, y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles (Mujica et al., 2021, p. 7).

La quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, pero usándola como verdura de inflorescencia (Mujica et al., 2021, p. 22).

#### 1.1.2. *Descripción de la planta quinua:*

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, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, 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 los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2600 mm anuales, se adapta a suelos ácidos de pH 4.5 hasta alcalinos con pH de 9.0, 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, granate y demás gamas que se pueden diferenciar (Mujica et al., 2021, p. 7).

### 1.1.3. Planta

La planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas (Mujica et al., 2021, p. 7).

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 (Bojanic, 2011, p. 29).

#### 1.1.3.1. Taxonomía de la planta de quinua:

**Tabla 1.1.3-1:** Taxonomía de la planta de quinua.

Reino	Vegetal
División	Fenorógamas
Clase	Dicotiledoneas
Sub clase	Angiospermas
Orden	Centrospermales
Familia	Chenopodiáceas
Genero	Chenopodium
Sección	Chenopodia
Subsección	Cellulata
Especie	Chenopodium quinoa Willdenow

**Fuente:** (Mujica et al., 2021, p. 7).

**Realizado por:** Timbila, Ana, 2021

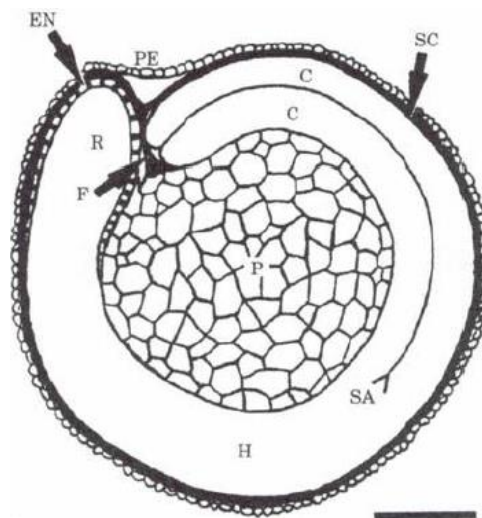
### 1.1.4. Definición de la semilla de quinua

Constituye el fruto maduro sin el perigónio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: Episperma, embrión y perisperma.

La episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, tiene células de forma alargada con paredes rectas; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células (Mujica et al., 2021, p. 11).

El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho, en forma excepcional a otras semillas, en él se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40% (Mujica et al., 2021, p. 11).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla, sus células son grandes, de forma poligonal con paredes delgadas, rectas y con grandes agregados de almidón, estos agregados están compuestos por miles de gránulos de almidón individuales, de forma hexagonal en la mayoría de los casos. El perisperma solo del 6.3 al 8.3 % de la proteína total del grano (Mujica et al., 2021, p. 12).



**Figura 1-1.** Sección longitudinal media del grano de quinua

Fuente: (Mujica et al., 2021, p. 12).

La Figura 1-1. muestra la sección longitudinal del grano de quinua donde **(PE)** simboliza el pericarpo que cubre la semilla de la quinua, **(H)** el embrido tiene un eje de hipocotilradícula y dos cotiledones **(C)**, **(EN)** constituye la región micropilar se encuentra el endospermo, **(SC)** representa la cubierta de la semilla, **(SA)** es el ápice del meristemo, **(R)** represente a la radícula, **(P)** es el perisperma, y **(F)** es el fenículo.

### 1.1.5. *Propiedades nutricionales de la quinua*

Las bondades del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua es alto y varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad o especie. 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 muy cerca de los estándares de nutrición humana, 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 (Bojanic, 2011, p. 14).

En los siguientes cuadros se va a especificar la composición nutricional de la quinua.

**Tabla 2-1:** Contenido de macronutrientes en la quinua, por 100 g de peso.

Macronutrientes	Cantidad
Energía (kcal)	399
Proteína (g)	16.5
Grasa (g)	6.3
Carbohidratos (g)	69.0

Fuente: FAO 2013

Realizado por: Timbila, Ana, 2021

Cabe recalcar que en cuanto a la proteína que posee la quinua está compuesta de una variedad de aminoácidos de los cuales 8 son considerados como esenciales y son: isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina, es por ello que este producto es muy recomendado en la dieta diaria especialmente de niños (FAO, 2013)

**Tabla 3-1:** Contenido de minerales en la quinua, por 100 g de peso en seco

Minerales	Cantidad (mg)
Calcio	148.7
Hierro	13.2
Magnesio	249.6
Fosforo	383.7
Potasio	926.7
Zinc	4.4

Fuente: FAO, 2013

Realizado por: Timbila, Ana, 2021

La quinua es fuente principalmente de hierro, magnesio y zinc. La deficiencia de hierro suele ser uno de los problemas nutricionales más habituales. Hay que tomar en cuenta que la quinua, del mismo modo que todos los alimentos vegetales, contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir el contenido y la absorción de sustancias minerales. Las más notables son sus saponinas, que se encuentran en la capa exterior de la semilla de la quinua y normalmente se extraen durante su procesado para eliminar el sabor amargo. La quinua también tiene un alto contenido en el compuesto de oxalato, que se puede unir a minerales como el calcio y el magnesio y reducir su absorción en el cuerpo (FAO, 2013).

**Tabla 4-1:** Contenido de vitaminas en la quinua, en mg/100 g en peso seco

Minerales	Cantidad
Tiamina	0.2-0.4
Riboflavina	0.2-0.3
Ácido Fólico	0.0781
Niacina	0.5-0.7

Fuente: FAO 2013

Realizado por: Timbila, Ana, 2021

La quinua es una buena fuente de las vitaminas B2 y ácido fólico en comparación con otros granos, mientras que su contenido en tiamina es similar al de otros granos y el de niacina es en promedio inferior. Tiene cantidades considerables de vitamina E, pero no se considera ya que esta cantidad suele disminuir después de procesarse y cocinarse (FAO, 2013).

#### ***1.1.6. Producción de la quinua en Ecuador:***

Hace algunos años atrás, las exportaciones de quinua eran netamente andinas, pero a partir del 2012 se ha registrado que 51 países producen y exportan quinua al mundo, esto se puede originar debido a su destacada importancia que brinda la FAO a la quinua por su alto valor nutricional. Por ello la producción ha dejado de ser solamente para el autoconsumo de poblaciones indígenas andinas y ahora forma parte de los hábitos de consumo de muchas familias del mundo entero (Valenzuela, 2016, p.9).

La producción de quinua de la región Andina va alrededor de 70.000 toneladas, con casi 40.000 toneladas producidas por el Perú, 28.000 toneladas por Bolivia y 746 toneladas por Ecuador. Los principales países productores de quinua en la región Andina y en el mundo son Perú y Bolivia, ambos países lograron hasta el año 2008 una producción que representa el 90% de la quinua producida en el mundo. Detrás de ellos están Estados Unidos, Ecuador y Canadá que alcanzan una producción del 10% de los volúmenes globales de producción (Bojanic, 2011, p. 9).



Bolivia es el primer exportador de quinua a nivel mundial seguido por Perú y Ecuador. El 2008 Ecuador muestra niveles de exportación similares: 304 TM equivalentes a US\$ 557 mil. Los consumidores de Norte América y Europa presentan una tendencia de mayor interés hacia el cuidado de la salud, el ambiente y la equidad social. En este sentido los nichos del mercado orgánico y del comercio justo ofrecen interesantes alternativas y mejores precios al productor, por lo que el precio de la quinua orgánica en el 2010 fue de US\$ 3,1/kg (Bojanic, 2011, p. 9).

En el siguiente cuadro se aprecia cual es la producción anual de quinua en Ecuador:

**Tabla 5-1:** Producción anual de quinua en Ecuador años 2005-2015

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Toneladas producidas</b>	652	660	690	741	800	897	816	1270	1812	7641	16000

Fuente: Valenzuela, 2016, p.33

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### *1.1.7. Producción de quinua en Chimborazo en relación a otras provincias*

La quinua puede producirse en varias zonas del país generalmente en la serranía, sin embargo, según (MAG, 2019, p.4) las mayores producciones se registran en: Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Carchi y Pichincha. En el siguiente cuadro se presenta la estructura productiva provincial, donde Chimborazo reflejó una participación del 58 % en superficie cosechada y 44 % en producción, a continuación, se indica las producciones de quinua en el año 2019:

**Tabla 6-1:** Superficie y Producción de Quinua año 2019

Provincia	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (toneladas)
Chimborazo		1,549.92	1,968,59
Cotopaxi		634.17	1,778.18
Imbabura		669.40	551.27
Carchi		68.60	197.25
Pichincha		35.00	9.55
<b>Producción total</b>		<b>2,957.10</b>	<b>4,504.83</b>

Fuente: MAG, 2019, p. 4

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### 1.1.8. Variedad de quinua en Ecuador

En Ecuador las variedades de quinua según (Guilcapi, 2019, p.27) se catalogan en dulces y amargas, esto debido a la cantidad de saponina que poseen, a continuación se detallan las variedades de quinua y alguna de sus características:

**Tabla 7-1:** Variedad de Quinua en Ecuador

Variedad	Características de la planta	Características del grano	Altitud óptima de producción (mm)
<b>Tunkahuan</b>	Tiene una altura de 150 cm, es de color púrpura y está lista para ser cosechada a los 180 días luego de ser sembrada.	El grano de esta variedad es de color blanco y es clasificada como quinua dulce por su bajo contenido de saponina.	2600-3200
<b>Pata de Venado</b>	Tiene una altura de 70 cm, es de color rosado y está lista para ser cosechada a los 150 días luego de ser sembrada.	El grano de este tipo es de color crema y es clasificada como quinua dulce por su bajo contenido de saponina.	3000-3600
<b>Ingapirca</b>	Tiene una altura de 85 cm, es de color púrpura y está lista para ser cosechada a los 190 días luego de ser sembrada.	El grano de este tipo es de color blanco opaco y es catalogada como quinua dulce-amarga por tener un valor intermedio respecto a su contenido de saponina.	3000-3600
<b>Imbaya</b>	Tiene una altura de 140 cm, es de color verde y está lista para ser cosechada a los 180 días luego de ser sembrada.	El grano de este tipo es de color blanco opaco y es catalogada como quinua amarga por tener alto contenido de saponina.	2600-3200
<b>Cochasqui</b>	Tiene una altura de 110 cm, es de color verde con axilas moradas y está lista para ser cosechada a los 220 días luego de ser sembrada.	El grano de este tipo es de color blanco opaco y es catalogada como quinua dulce-amarga por tener un valor intermedio respecto a su contenido de saponina.	3000-3600

**Fuente:** Guilcapi, 2019, p. 27

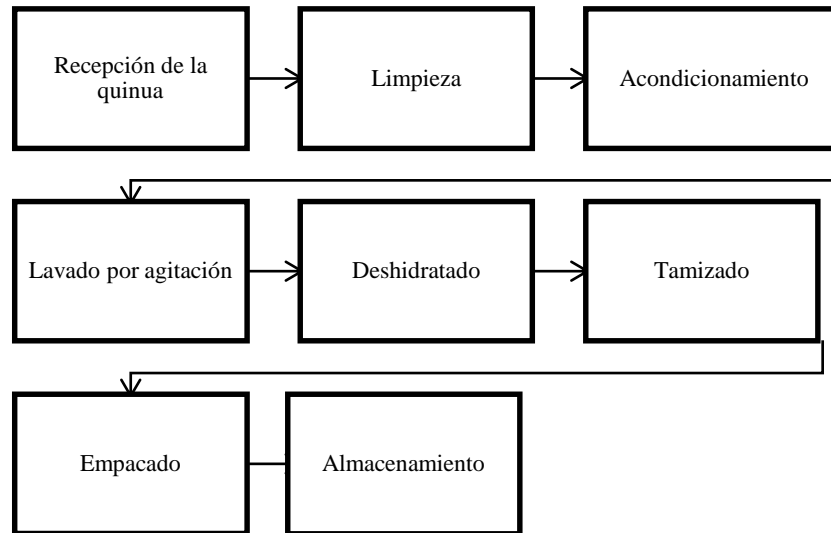
**Realizado por:** Timbila, Ana, 2022

### 1.1.9. Operaciones de postcosecha:

El procesamiento de la quinua tiene diferentes operaciones a realizarse de acuerdo al método de

perlado que se emplee:

#### 1.1.9.1. Método de lavado por agitación y turbulencia



**Gráfico 1-1.** Obtención de quinua por el método de lavado en seco

Fuente: Meyhuay, 2013, p. 19

- **Recepción de la quinua:**

Se adquiere la materia prima, llevando un inventario de la cantidad que ingresa a la empresa y el proveedor que la entrega.

- **Limpieza:**

Utilizando zarandas o mallas metálicas accionadas manual o mecánicamente se retienen las impurezas (pajas, tierra, residuos vegetales, etc.) (Meyhuay, 2013, p. 19).

- **Acondicionamiento:**

Se acondiciona la quinua remojándola por 30 minutos a temperatura ambiente con el fin de facilitar la desaponificación, pues al contacto con el agua los cristales de saponina se disuelven, eliminándose posteriormente en el lavado (Meyhuay, 2013, p. 19).

- **Lavado por agitación:**

El lavado se realiza en un equipo que posee una camisa de calentamiento a vapor y un agitador tipo turbina de lámina plana, el mismo es accionado por un motor eléctrico. Los granos de quinua son expuestos a un proceso de fricción húmeda, debido a la gran descarga turbulenta de agua caliente que se logra en el equipo. Se produce fricción entre los granos y las paredes, lo que permite la eliminación del pericarpio o cascara y los compuestos responsables del sabor amargo (Meyhuay, 2013, p. 19).

- **Deshidratado:**

El proceso de deshidratado es importante debido a que en el acondicionamiento y el lavado este producto adquiere humedad y es más susceptible a que tenga crecimiento microbiano, por ende, se le hace este proceso para que el producto tenga la humedad adecuada es decir menor al 13. 5% según la norma INEN (2013, p.2).

- **Tamizado:**

Se lo hace través de la malla y es separado por gravedad o mediante uso de succionadores de aire (Meyhuay, 2013, p. 19).

- **Empacado y embalaje**

Realizar un empaque y embalaje correcto va a contribuir a la disminución de pérdidas debidas a factores físicos, químicos, biológicos y humanos (Meyhuay, 2013, p.21).

Las principales funciones del embalaje son las siguientes:

- ✓ Facilita la manipulación (manual o mecánica)
- ✓ Reduce las pérdidas por hurto o robo
- ✓ Protege al producto contra ataques de agentes exteriores (humedad, insectos, etc.)

En cuanto a los granos, se utilizan esencialmente sacos tejidos con fibras vegetales (yute, algodón) o fibras artificiales (polipropileno).

- **Almacenamiento**

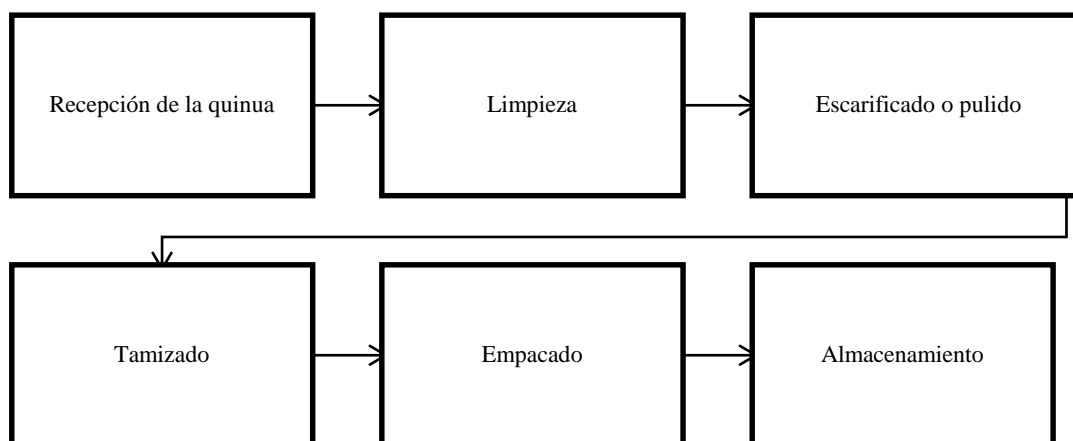
Los granos se deben conservar en las condiciones apropiadas para garantizar la calidad sanitaria y organoléptica (Meyhuay, 2013, p.21). La degradación de los granos se ve afectada por la combinación de tres factores ambientales:

- ✓ Temperatura

- ✓ Humedad
- ✓ Contenido de oxígeno

Adicionalmente los granos almacenados son afectados por microorganismos, insectos, aves y roedores. Las formas de almacenamiento de los granos son básicamente dos: en sacos, al aire libre o en almacenes, y a granel, en granos silos de diversa capacidad (Meyhuay, 2013, p.21).

#### 1.1.9.2. Método en seco por rozamiento o Escarificado



**Gráfico 2-1.** Obtención de quinua perlada por el método en seco

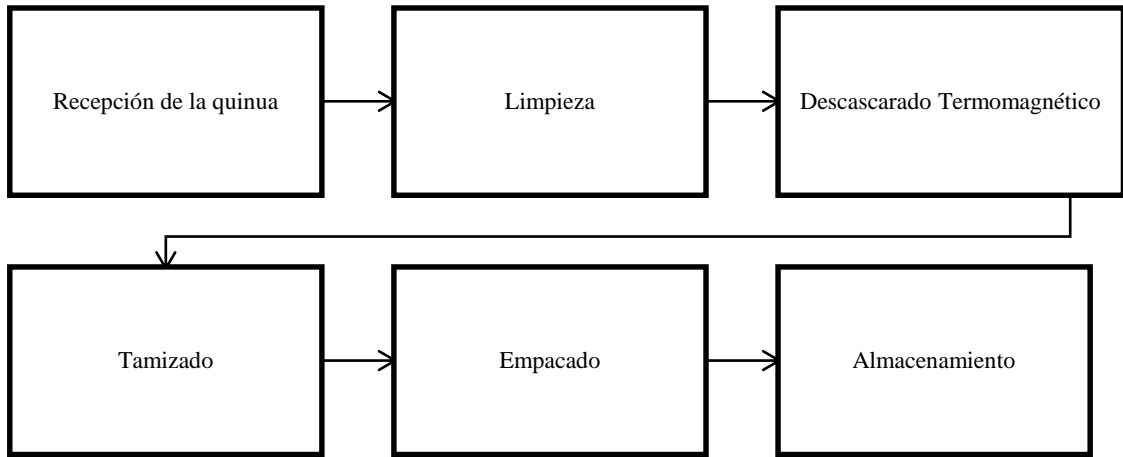
Fuente: Meyhuay, 2013, p.19

La diferencia de este método de perlado con el primero es que en este método no se realiza el acondicionamiento ni el deshidratado debido a que la eliminación de la saponina se va a dar por un proceso de pulido o escarificado que se trata de la separación del episperma(descascarado) y segmentos secundarios del grano de quinua, donde se concentra el mayor contenido de saponina, que le confiere el sabor amargo y astringente, impropio para poder ser aprovechado en la alimentación; el pulido pretende producir una quinua de superior calidad, cuyo efecto consiste en remover las últimas partículas de cáscara y darle al grano un aspecto más liso y limpio, que viene a ser la quinua perlada (Meyhuay, 2013, p.19).

Esta fase se realiza a través de medios mecánicos abrasivos, utilizándose equipos de características técnicas semejantes tales como:

- ✓ Acción combinada de paletas o tambores giratorios y tamiz estacionario, que permite un constante raspado de los granos de quinua contra las paredes de las mallas.

1.1.9.3. Método termo mecánico en seco:

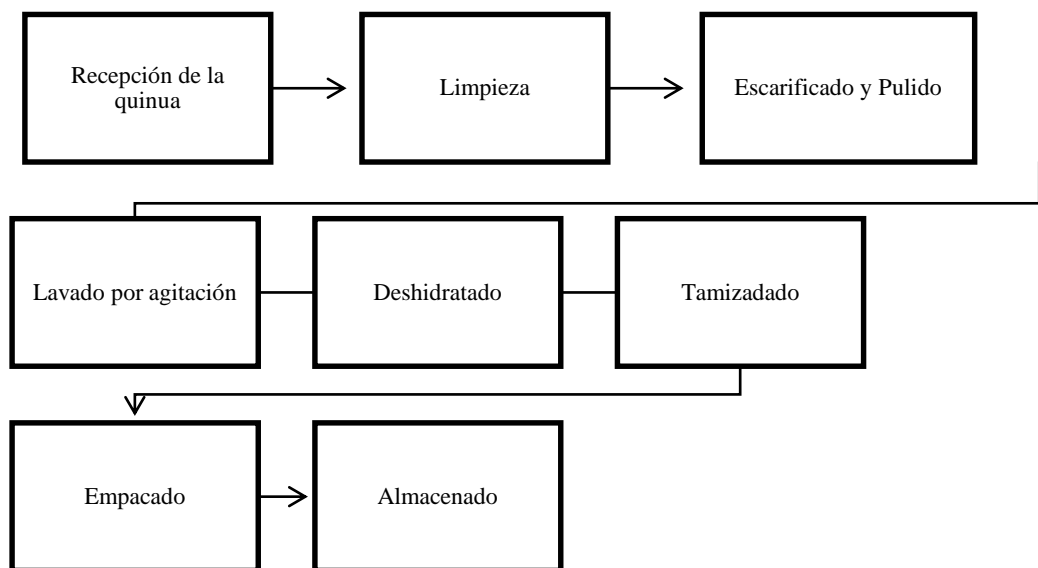


**Gráfico 3-1.** Obtención de quinua perlada por método termo mecánico en seco.

Fuente: Meyhuay, 2013, p.20

La única diferencia entre este método y el método de escarificado es que en este método se someten a calor seco (80 a 90 °C) los granos de quinua por 10 minutos para luego extraer la cáscara por fricción en seco. Se obtiene un grano con bajo contenido de saponinas. Luego se tamiza y empaca (Meyhuay, 2013, p.20).

1.1.9.4. Método Combinado:

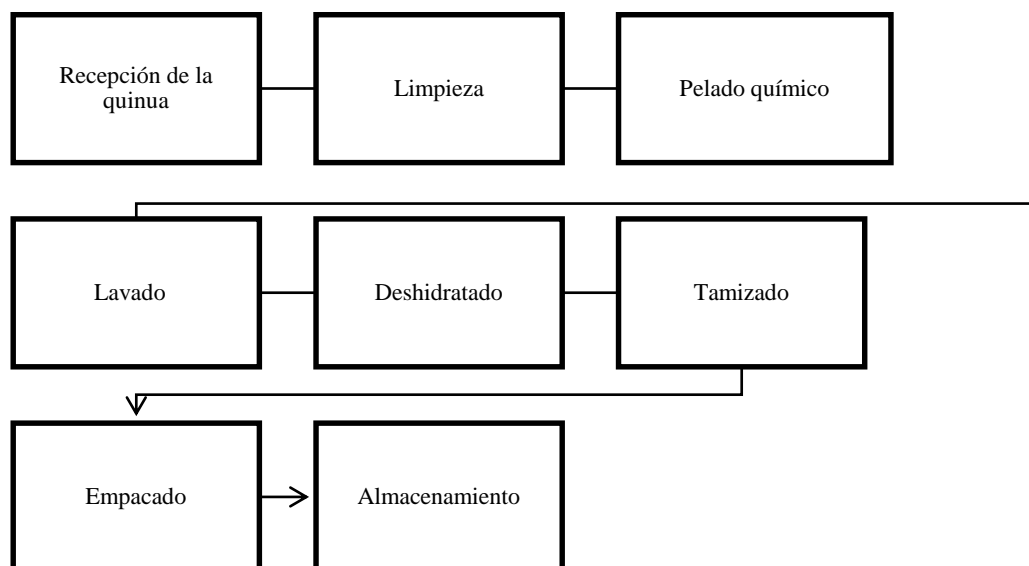


**Gráfico 4-1.** Obtención de quinua perlada por el método combinado

Fuente: Meyhuay, 2013, p.19.

En este método se somete a los granos de quinua a medios mecánicos abrasivos (máquinas peladoras y pulidoras en seco), luego se lava los granos para extraer la saponina residual, luego se seca los granos húmedos de quinua, se tamiza y empaca (Meyhuay, 2013, p.20).

#### 1.1.9.5. Método químico y lavado:



**Gráfico 5-1.** Obtención de quinua perlada por el método químico y lavado

Fuente: Meyhuay, 2013, p.20

Lo que lo diferencia de los demás métodos es que para la eliminación de saponina los granos de quinua son sometidos a una solución de hidróxido de sodio al 10% a 100 ° C por 1.5 minutos, para luego lavar y secar (Meyhuay, 2013, p.20).

## 1.2. Saponinas

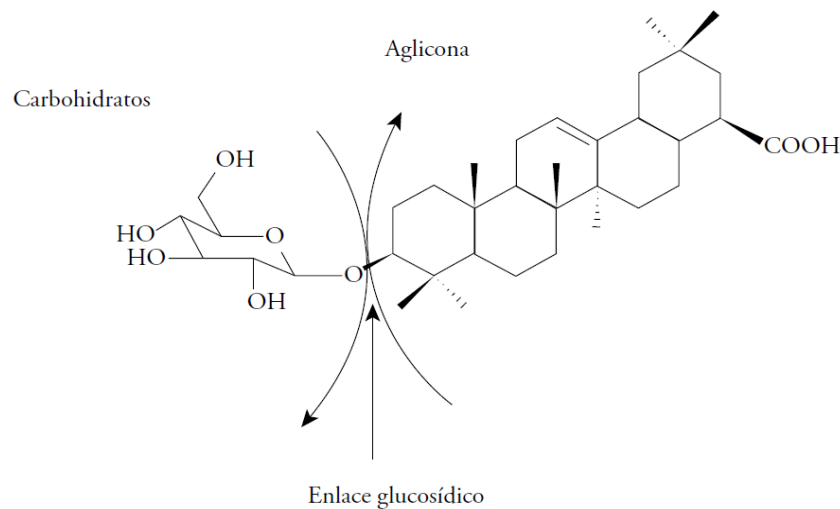
### 1.2.1. Definición y estructura:

Son glucósidos vegetales compuestos por los glucósidos triterpenoides de reacción ligeramente ácida y por los esteroides derivados del perhidro 1,2 ciclopentanofenantreno. Tienen como propiedad la de formar una abundante espuma en solución acuosa y son también solubles en alcohol absoluto y otros solventes orgánicos (Armada et al., 2012: pp. 51-52).

La quinua tiene tanto saponinas como ácidos neutros. Por la característica espumante, las saponinas se emplean en la fabricación de cerveza, en la preparación de compuestos para

extinguidores de incendios y en la industria fotográfica, cosmética y farmacéutica. Se usa también para la elaboración sintética de hormonas. Igualmente es aprovechada por los campesinos andinos, especialmente las mujeres, quienes enjuagan sus cabellos con el agua que queda del lavado de quinua o la utilizan para lavar tejidos (Meyhuay, 2013, p.15).

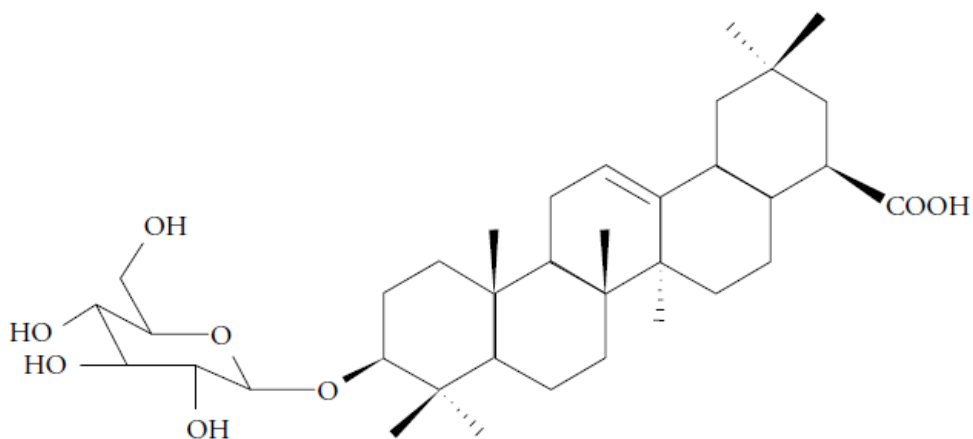
Las saponinas son metabolitos secundarios que constituyen una gran familia de compuestos estructuralmente constituidos por un anillo terpenoide o esteroidal, conocidos como aglicona o sapogenina, sustituidos por oligosacáridos a través de enlaces glucosídicos que les confieren un carácter anfifílico (Ahumada et al., 2016: p. 441).



**Gráfico 6-1.** Estructura general de una saponina de quinua

**Fuente:** Ahumada et al., 2016: p. 441

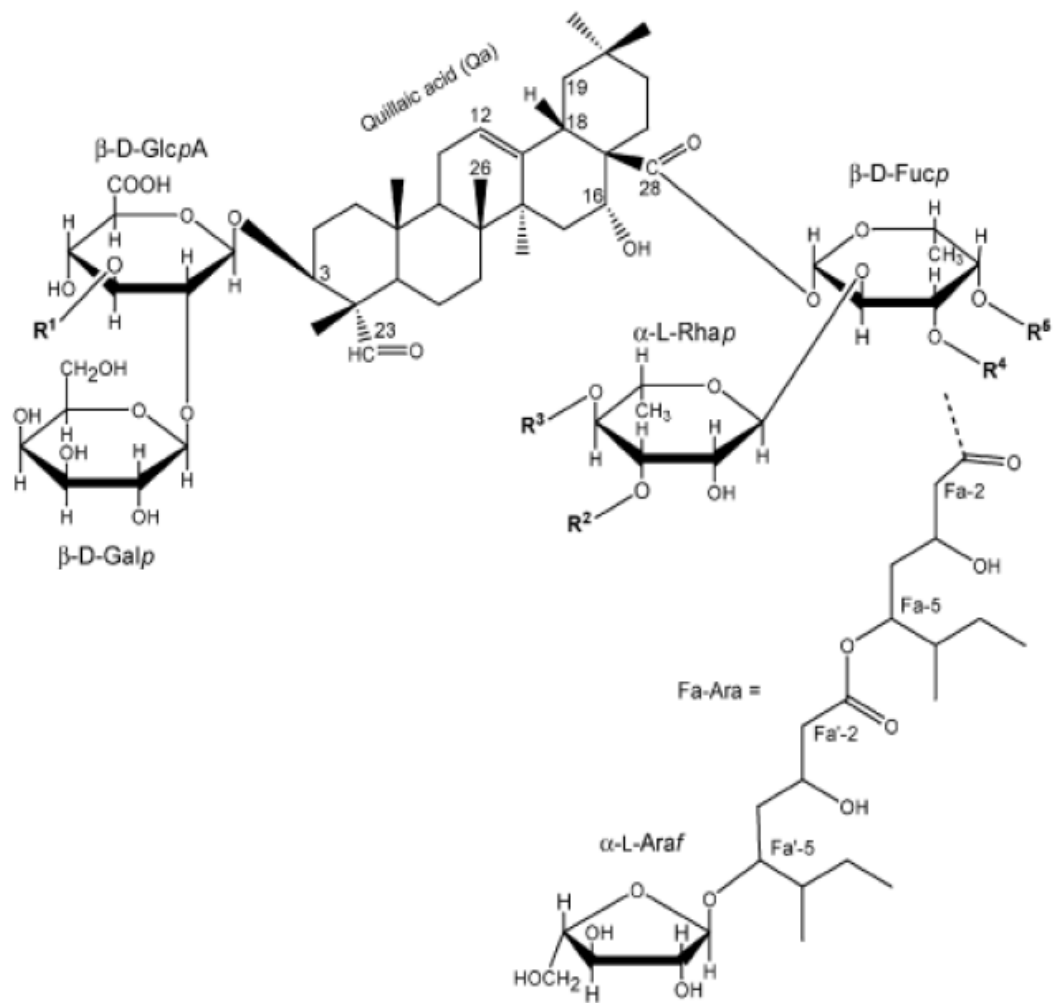
En el gráfico 6-1, se indica el enlace glucosídico entre la aglicona y un glucósido.



**Gráfico 7-1.** Estructura de saponina monoglicosilada: ácido 3-O-beta-D-glucopiranosil oleanólico

**Fuente:** Ahumada et al., 2016: p. 442





**Gráfico 8-1.** Estructura de saponinas de la corteza de Quillaja Saponaria

Fuente: Cartagena, Carlos, 2010, p. 2

### 1.2.2. Impacto a la salud:

El principal efecto de la saponina es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede producirse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes (Meyhuay, 2013, p.15).

Cabe recalcar que la administración de saponina por vía endovenosa es altamente tóxica, mientras que su efecto por vía oral no es tan peligroso. Se afirma que los medicamentos a base de saponina pueden ser administrados en grandes dosis por vía oral, ya que no son absorbidos por las mucosas intestinales y además se desdoblán bajo la acción de los álcalis y fermentos intestinales.

Tomando en consideración estos aspectos no se considera un problema en el organismo en consumo de saponina vía oral ya que no hay estudios corroborando este problema, pero la saponina hace que la quinua sea amarga y que no tenga las características organolépticas

aceptables, lo que limita su comercialización y consumo (Meyhuay, 2013, p.15).

### 1.2.3. Requisito para la comercialización de quinua:

Todo producto alimenticio debe regirse a las diferentes legislaciones estipuladas, con el fin de hacer que estos sean inocuos es decir aptos para el consumo humano, la quinua considera un alimento completo no es la excepción, por ende según la FAO (2020, p.3) la quinua lista para comercializar debe cumplir con los siguientes requisitos:

**Tabla 8-1:** Requisitos para la comercialización de quinua

Requisitos		Limites	
-	Defecto del grano	Contenido máximo %	
	Grano quebrados		3
	Granos dañados		2.5
	Granos germinados		0.5
	Granos cubiertos		0.3
	Granos inmaduros		0.9
-	Contenido de proteína	Contenido mínimo %	
	Proteína	10	en base seca
-	Contenido de saponina	Contenido máximo %	
	Saponina		0.12

Fuente: FAO (2020, p.3)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

**Tabla 9-1:** Requisitos Bromatológicos de la quinua

Requisitos	Valores, %	
	Mínimo	Máximo
<b>Humedad</b>	-	13.5
<b>Proteína</b>	10.00	-
<b>Cenizas</b>	-	3.5
<b>Grasa</b>	4.00	-
<b>Fibra cruda</b>	3.00	-
<b>Carbohidratos</b>	65.00	-

Fuente: INEN (2013, p.4)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### 1.3. Microscopia de quinua

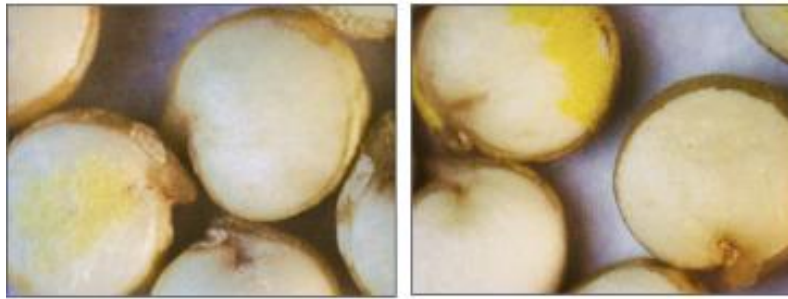
La microscopia de la quinua según (Escalera et al, 2011, p.32. ), permite identificar de manera visual si el pericarpio esta adherido o no a la quinua, por consiguiente establecer si hay contenido de

saponina ya que es en el pericarpio donde se encuentra este compuesto, a continuación se presenta micrografías tanto de la materia prima como de la quinua perlada:



**Figura 2-1.** Micrografía de quinua sin procesar

**Fuente:** Escalera et al, 2011, p.32.



**Figura 3-1.** Micrografía de quinua procesada

**Fuente:** Escalera et al, 2011, p.32.



**Figura 4-1.** Micrografía de evolución de la remoción del pericarpio de quinua

**Fuente:** Escalera et al, 2011, p.32

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Localización y duración del experimento

El presente proyecto fue desarrollado en los laboratorios de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, ubicada en la Panamericana Sur km 1 ½ en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. El trabajo experimental tuvo una duración de aproximadamente 8 semanas.

**Tabla 1-2:** Condiciones meteorológicas del cantón Riobamba

Variable Meteorológica	Valor	Unidad
Precipitación Promedio	223	mm/año
Temperatura	4-14	°C promedio anual
Humedad relativa	85	%

Fuente: Weather Atlas (2022)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

#### 2.2. Unidades experimentales

El tamaño de la unidad experimental que se consideraron para el presente trabajo de investigación fue de 100 g de quinua por cada repetición, donde se analizaron mediante dos métodos de perlado en dos organizaciones con 5 repeticiones en cada uno, además se analizó la materia prima de cada organización, y en el que se determinó el contenido de saponinas en porcentaje (%) por el método espumoso y por el método HPLC, utilizando un total de 30 unidades experimentales y en las cuales se determinó el contenido de saponinas.

#### 2.3. Materiales, equipos, reactivos, material vegetal y estándar

En la realización de este trabajo experimental se empleó lo siguiente:

##### 2.3.1. *Materiales*

- Piseta
- Pera de goma
- Pipetas volumétricas (0.5, 1,2,5,10,15,20 y 25 mL)

- Balones de aforo (10, 25,50,100 mL)
- Tubos de ensayo con tapones de rosca; L = 160 mm, Ø = 16 mm, SUL 15.
- Papel filtro 125 mm de diámetro
- Gradilla
- Vaso de precipitación
- Matraces de 25 y 100 ml
- Filtro de mezcla éster celulosa (0.45 µm)
- Jeringa
- Jabón de mano
- Toalla absorbente de cocina
- Guantes
- Cofia
- Crisoles
- Mascarilla

### **2.3.2. Equipos**

- Cronómetro (reloj)
- Balanza sensible al 0,01 g
- Equipo HPLC Agilent 1100 series
- Columna RPC<sub>18</sub>
- Calibrador
- Estufa
- Estereomicroscopio Motic SMZ-171

### **2.3.3. Reactivos**

- Agua purificada
- Agua destilada
- Agua ultra pura
- Acetonitrilo grado HPLC
- Ácido Fórmico HPLC
- Etanol grado pureza 99.9%

### **2.3.4. Material Vegetal**

- 2 kg de quinua perlada (1 kg de quinua perlada en seco y 1 kg de quinua perlada en húmedo)
- 1 kg de quinua sin perlar (0.5 kg de quinua sin perlar organización uno y 0.5 kg de quinua sin perlar organización dos)

### 2.3.5. Estándar

- Quillaja saponaria (33%)

## 2.4. Tratamiento y diseño experimental

Para la evaluación de la eliminación de saponinas de la quinua se utilizaron dos (2) tratamientos experimentales, que consisten en el método de perlado combinado y el método de perlado en húmedo.

**Tabla 2-2:** Tratamiento para análisis de método de perlado

Tratamiento	Método de detección del contenido de saponinas									
	Método espumoso					Método HPLC				
	Repeticiones									
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
Método de perlado combinado(T1)										
Método de perlado en húmedo (T2)										

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### 2.4.1. Diseño experimental:

Se aplicó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones

#### Variable independiente:

Tratamiento de perlado

- Tratamiento en seco
- Tratamiento en húmedo

#### Variable dependiente:

- Contenido de saponina

## 2.5. Mediciones experimentales

Las variables experimentales que se consideraron en la investigación fueron:

- Altura de espuma
- Área de estándares
- Área de los extractos de las muestras inyectadas en el equipo

## 2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Se aplicó la prueba de t'student con un nivel de significancia del 0.05, para determinar si hubo diferencia entre los tratamientos de perlado en relación a la cantidad de saponinas. Así como para establecer la relación entre la cantidad de saponinas medidas por el método espumoso y el método HPLC.

**Tabla 3-2:** Análisis de T'student

---

N (número de tratamientos totales)	X (media)	$\sigma$ (desviación estándar)	t (0.05)	Significancia
------------------------------------	-----------	--------------------------------	----------	---------------

---

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

---

## 2.7. Procedimiento experimental

Para poder realizar las mediciones del contenido de saponina en la quinua perlada, primero se adquirió la quinua procesada de las dos diferentes organizaciones, luego se hizo la extracción de la saponina para finalmente hacer el análisis del contenido de saponinas:

### 2.7.1. *Obtención, análisis de humedad y estereomicroscopía en quinua*

#### 2.7.1.1. *Obtención de muestras de quinua*

Se transportó a las diferentes organizaciones, luego se empaco 100 gramos de quinua perlada de 5 lotes para cuantificar la saponina, además se adquirió 100 gramos de quinua como materia prima para poder identificar diferencia alguna entre la quinua como materia prima y la quinua perlada mediante estereomicroscopía.

#### 2.7.1.2. *Análisis de humedad en muestras de quinua*

En el análisis de humedad se consideró la técnica gravitacional por desecación acoplada a la técnica AOAC, para lo cual se siguió los siguientes pasos:

- Se taro el crisol en la estufa de 65°C por 2 horas, posteriormente se retiró los crisoles y se dejó enfriar en un desecador por 30 minutos, luego de este tiempo se registró el peso del crisol.
- Posteriormente se pesó aproximadamente 10 g muestra y se colocó dentro del crisol pesado, luego se procedió a meter los crisoles con las muestras en la estufa a 105°C por 16 horas aproximadamente
- Luego se pesó nuevamente el crisol con la muestra y se registró.

### *2.7.1.3. Análisis de estereomicroscopía*

Para la realizar este análisis se usó un estereomicroscopio SMZ-171, donde se ubicó en el sistema óptico de zoom Greenough aproximadamente 1 gramo de muestras de materia prima de quinua y quinua perlada y finalmente se enfocó hasta conseguir una imagen nítida de las muestras.

## **2.7.2. Curva de calibración**

### *2.7.2.1. Preparación de patrones estándar de saponina*

Se preparó una solución madre de 3300 ppm pesando aproximadamente 1 g del patrón de saponina, se llevó a 100 mL de acetonitrilo y agua (70 acetonitrilo 99.9% de pureza: 30 agua ultra pura), posteriormente se elaboró los patrones para la calibración mediante diluciones de la muestra madre en la fase móvil (acetonitrilo 70 %: agua 30%), que se muestran a continuación:

Se calculó los volúmenes de las diluciones de concentración madre de acuerdo a la concentración valorada, mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Ec. 1.2} \quad V1 = \frac{V2 \cdot C2}{C1}$$

Donde:

C1= Concentración de la solución madre del estándar de saponina (2000 ppm)

V1= ?

C2=

V2= 100mL



**Tabla 4-2:** Concentraciones para la calibración

N° de muestra	V1: Volumen (mL) de muestra madre	V2: Volumen (mL) de acetonitrilo 70%	Concentración (ppm)
1 (muestra madre)	-	100	3300
2	20	5	2640
3	15	10	1980
4	10	15	1320
5	5	20	660

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

Para poder realizar las diluciones se preparó 250 mL de acetonitrilo al 70 %, donde en un balón de aforo de 250 se procedió a poner 175 mL de acetonitrilo y se lo aforó con agua ultra pura de etanol al 100%, posteriormente en los balones de aforo de 25 mL se procedió a poner el volumen de la muestra madre y el volumen del acetonitrilo al 70% de acuerdo a la concentración que se requiere.

#### 2.7.2.2. Lectura de diluciones de la concentración madre

- Se determinó la absorbancia de las soluciones patrones de saponina que se muestran en la tabla 4-2, con una longitud de onda de 310 nm.

### 2.7.3. Determinación de saponina por Cromatografía Líquida de alta Resolución

#### 2.7.3.1. Extracción de saponina de las muestras

Se pesó aproximadamente 1 g de muestra de quinua en un Erlenmeyer y se le añadió 10 mL del solvente de extracción, el solvente de extracción usado es el etanol al 50%. Esta mezcla se queda en maceración a temperatura ambiente durante 72 horas. Posteriormente se filtra sobre papel filtro (125 mm de diámetro), y del extracto filtrado se hace una dilución con una relación 5:25 con acetonitrilo al 70% y esa dilución se pasa por filtros de membrana de celulosa de 0.45 y se agregó las muestras en los viales HPLC aproximadamente 1.5 mL de muestra diluida.

#### 2.7.3.2. Cuantificación de saponina por HPLC

Para el análisis de saponinas por Cromatografía Líquida de Alta Resolución se siguió la metodología empleada por (Usiña, 2017, pp. 25-26), la cuantificación de saponinas se realizó por HPLC, empleando un equipo Ultimate 3000 Dionex, que cuenta con un detector de diodo, en

donde se tuvo las siguientes condiciones:

- Cantidad que se inyectó 70µL de extracto de muestras.
- Método: Isocrático donde la fase móvil fue: Acetonitrilo: agua ultrapura: (70:30)
- Tiempo: 3.5 min
- Flujo: 0,6mL/min
- Columna: Macherey-Nagel C18 (4,6 x 150mm, 3µm)
- λ: 310nm
- Estándar: S452 Quillaja saponaria

#### **2.7.4. Determinación de saponina por método espumoso**

Este método físico se basa en las propiedades tensas activas de las saponinas. Cuando se disuelven en agua y se agitan, las saponinas dan una espuma estable, cuya altura puede correlacionarse con el contenido de saponinas en los granos, es de acuerdo a la normativa INEN (2013, pp. 1-2), a continuación se detalla el procedimiento:

- Colocar  $0.50 \pm 0.02$  g de granos de quinua en un tubo de ensayo.
- Añadir 5.0 cm<sup>3</sup> de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir fuertemente el tubo durante 30 segundos.
- Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudirlo otra vez durante 30 segundos.
- Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos o más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte.
- Dejar el tubo en reposo durante 5 minutos, luego medir la altura de espuma con aproximación al 0,1 cm.

### **2.8. Metodología de evaluación:**

#### **2.8.1. Determinación de Humedad:**

Para la cuantificación de humedad en las muestras de quinua se siguió la siguiente fórmula:

$$\text{Ec. 2.2} \quad \% \text{Materia Seca} = \frac{100x(Pf - Pv)}{Pm}$$

$$\text{Ec. 3.2} \quad \% \text{Humedad} = 100 - \% \text{Materia Seca}$$

Donde:

Pf: Peso final del crisol conteniendo la muestra desecada

Pv: Peso del crisol vacío

Pm: Cantidad de la muestra pesada en el ensayo

### 2.8.2. Método espumoso:

Para la determinación del contenido de saponinas en porcentaje mediante este método se aplicará la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 4.2} \quad PS = \frac{(0.646 \times h) - 0.104}{m \times 10}$$

En donde:

PS: el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje en masa;

h: altura de espuma, en cm.

m: masa de la muestra, en g.

### 2.8.3. Método HPLC:

Para la cuantificación de saponinas por este método se realizó mediante una comparación de áreas totales de la muestra respecto con el estándar de saponinas donde se realizó una curva de calibración considerando que este tiene una pureza del 33 %. Es así que se empleó primero la ecuación de la recta que se muestran a continuación con la que se determinará la concentración de la muestra:

$$\text{Ec. 5.2} \quad Y = AX + B$$

$$\text{Ec. 6.2} \quad X = \frac{Y-B}{A}$$

Dónde:

X = Es la concentración de saponinas en muestras (ppm o mL/L) variable independiente

A = Pendiente de la ecuación, valores fijos arrojados por la recta

B = Valores fijos arrojados por la recta (intersección de la recta con el eje y)

Y = Área de pico de las muestras

Para obtener el % de saponinas sobre materia seca mediante el método HPLC, teniendo en cuenta las diluciones se usó la siguiente fórmula:

$$\text{Ec. 7.2} \quad \% \text{ Saponina} = X \left( \frac{mL}{L} \right) \times \frac{1 L}{1000 mL} \times \frac{25 mL}{5 mL} \times \frac{10 mL}{m (g)} \times \frac{1 g}{1000 mg} \times 100$$

Donde:

X: Es la concentración de saponinas en muestras (ppm o mL/L) (variable independiente calculada mediante la curva de calibración).

m: muestra de quinua en g macerada.

## **2.9. Método estadístico**

Los datos obtenidos fueron organizados y analizados mediante el programa Microsoft Excel 2016, donde se realizaron los cálculos para determinar los porcentajes de saponina tanto para el método espumoso como para el método HPLC, además se realizaron la curva de calibración del estándar de saponina (Quillaja saponaria 33%) por los métodos antes mencionados.



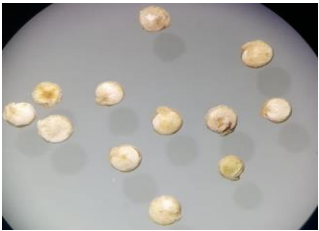







Para la prueba t' student se usó InfoStat-Statistical Software para inferencia basada en dos muestras

### CAPÍTULO III

## 3. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. Muestras analizadas




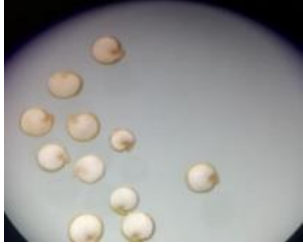






Tabla 1-2.8.3: Análisis de humedad y microscopía en quinua organización 1.

Código de laboratorio	Lote	Materia prima	Quinoa perlada	Humedad quinua perlada, %
A	1			10.85
B	2			11.09
C	3			11.10
D	4			11.03
E	5			10.56

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

En la organización N° 1 el contenido de humedad varió entre 10.56 y 11.10%, este valor es cercano al valor determinado por (Cerrón, 2013 ,p73) que es de 11.84%, en cuanto a la normativa vigente para la comercialización los valores obtenidos se encuentran dentro del rango especificado (máximo 13.5%) según INEN (2013, p.4).

**Tabla 2-3:** Análisis de humedad y microscopía en quinua de organización 2.

Código de laboratorio	Lote	Materia prima	Quinua perlada	Humedad quinua perlada %
F	1			10.36
G	2			11.33
H	3			11.63
I	4			11.05
J	5			11.80

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

En la organización N° 2 el contenido de humedad varió entre 10.36 y 11.80%, cuyos valores son similares al valor establecido por (Cerron, Francis, 2013, p.73) que es de 11.84%, en cuanto a la normativa vigente para la comercialización los valores obtenidos se encuentran dentro del rango especificado en cuanto a humedad ya que este valor debe ser máximo 13.50% según INEN (2013, p.4).

La estereomicroscopía de quinua en la tabla 1-3 y 2-3 se puede observar que la materia prima posee el pericarpio (donde se encuentra la saponina) adherido a la semilla de la quinua, mientras que en la quinua perlada ya no se evidencia el pericarpio, en la figura 2-1, 3-1 y 4-1 creadas por (Escalera et al, 2011, p.32) se observa algo similar la quinua sin procesar posee aún pericarpio mientras que la quinua procesada ya no, lo que quiere decir que los métodos de perlado de la organización 1 y 2 si eliminan la saponina según este análisis.

### 3.2. Contenido de saponinas

El contenido de saponinas se determinó por dos métodos, en este espacio se presentan los resultados del análisis de las muestras denominadas materia prima, que se refiere a la quinua que los proveedores entregan a las plantas procesadoras (organización), y quinua perlada, granos de quinua que recibieron tratamiento de remoción de saponinas en las plantas procesadoras. Los datos se organizan en Tablas 3-3, 4-3 en función del método de ensayo y corresponden al promedio y desviación estándar del contenido de saponinas para cada muestra analizada (A-J). Para la cuantificación de saponinas mediante la metodología HPLC se realizó una curva de calibración (Anexo D - Tabla N° 3) para poder obtener los resultados en la quinua.

#### 3.2.1. Caracterización de materia prima

**Tabla 3-3:** Cuantificación de saponina en quinua sin procesar

Método	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Espumoso	0.630	± 0.0575	0.540	0.719
HPLC	3.261	± 0.2760	2.942	3.657
General	1.946	± 1.3634		

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

En la tabla 3-3, se muestran los resultados obtenidos en la cuantificación de saponina en la materia prima con los diferentes métodos de cuantificación y en general. Según el método espumoso la materia prima posee una media de 0.630 % de saponinas con una desviación de 0.0575, teniendo un valor mínimo de 0.540 % y el máximo de 0.719 en cuanto al porcentaje (%) de saponinas.

Mientras que mediante el método HPLC este refleja un valor medio de 3.261 en cuanto al porcentaje (%) de saponinas con una desviación estándar de 0.2760, obteniendo un valor mínimo de 2.942 % y un valor máximo de 3.657. Los valores de saponina obtenidos con el método espumoso para quinua sin perlar (materia prima) son similares a los reportados por (Escalera et al, 2011, p. 27) que emplearon una metodología similar. En dicha investigación la materia prima tiene un contenido de saponina que va desde 0,27 a 0,84% mientras que en los valores que se alcanzaron en cuanto a la quinua sin procesar en este trabajo van de 0,540 a 0,719%. Otra investigación (Nickel et al., 2016: pp. 140-142) obtuvo valores similares a los obtenidos en la metodología HPLC mediante espectrofotometría, en quinua sin procesar obtuvo un valor de 3.33% similar al valor promedio obtenido de la materia prima de las dos organizaciones de estudio (2.94 – 3.66%) es necesario resaltar que la metodología de extracción de saponinas es similar a la seguida en esta investigación. La cuantificación de saponinas mediante cromatografía de gases según la investigación hecha por (Gómez et al., 2014: pp. 175-176) en la materia prima (quinua sin procesar) dio un valor de 0.2443 % (244.30 mg/100 g de peso seco) cuyo valor poco cercano al obtenido mediante el método espumoso, pero difiere en gran cantidad al valor establecido con la metodología HPLC. De la misma forma en la investigación ejecutada por (Burga & Sangay, 2018, p. 55) en quinua dulce sin ningún proceso de desaponificación utilizaron un método espectrofotométrico y obtuvieron un valor promedio de 0.55 % de saponina, cuyo valor está dentro del rango de los obtenidos por el método espumoso pero muy diferente al obtenido mediante la metodología HPLC.

### 3.2.2. Cuantificación de saponinas en quinua perlada

**Tabla 4-3:** Resultados de cuantificación de saponinas en quinua perlada

Tratamiento	Método de detección del contenido de saponinas									
	Método espumoso					Método HPLC				
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
Método de perlado en combinado (T1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.948	3.100	3.005	3.018	3.242
Método de perlado en húmedo (T2)	0.018	0.019	0.006	0.012	0.018	3.756	3.649	3.838	3.630	3.422

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

La determinación del contenido de saponinas por el método de la espuma, es rápido, fácil y económico, sin embargo, tiene las limitaciones en cuanto al rango en el que puede dar resultados confiables. En cuanto a la quinua perlada dentro de este trabajo los valores van desde 0,00 a 0,019% mientras que los valores obtenidos por (Escalera et al, 2011, p.31) van desde 0,006 a 0,133 %, cabe recalcar que el método de desaponificación empleado por el autor antes mencionado no es



el mismo que los métodos empleados por las organizaciones de estudio ya que estas emplean métodos de perlado vía húmeda y mixta mientras que (Escalera et al, 2011, p 13) usa un método de perlado en seco, del mismo modo los datos obtenidos por (Gómez et al., 2014: pp. 175-176) en quinua perlada mediante abrasión o pulido dando un valor de 0.1298 % (129.8 mg/100 g de peso seco) este último no entra en lo máximo permitido (FAO, 2020, p. 3). Los datos determinados por este método (espumoso) están dentro de los establecido por (FAO, 2020, p. 3), los mismos no deben superar el 0,12%, lo que quiere decir que es apto para consumo humano según el método de cuantificación espumoso.

Para los valores obtenidos en la materia prima mediante el análisis HPLC (2.97%-3.68%), son muy diferentes a los obtenidos por el método espumoso (0.54%-0.72), de igual manera para las muestras de quinua perlada, donde con el método espumoso se obtuvo 0% y 0.02%, mientras que con el método HPLC el valor más bajo fue de 2.95% y el más alto 3.84%, reflejando una gran diferencia en las cantidades a los alcanzados mediante el método espumoso. Cabe recalcar que el tratamiento en las muestras para la extracción de saponina para la cuantificación fue la misma para ambos métodos de ensayo, pudiendo entonces deberse al protocolo de ensayo la gran diferencia.

En cuanto al producto perlado según (Nickel et al., 2016: pp. 140-142) para la quinua procesada mediante lavado el contenido de saponina fue de 2.75% cuyo proceso de perlado es similar al realizado por la organización 2, donde mediante el método HPLC arroja valores entre 3.42 y 3.84% de saponinas (Tabla 4-1), para la quinua procesada mediante cocción a presión atmosférica y tostada los valores en cuanto al contenido de saponina estuvieron entre 2.48 y 2.69 %. Sin embargo, al realizar un tratamiento de lavado y posterior hidratado los valores obtenidos en esta investigación fue de 3.63% de saponinas, esto se debe a que el agua penetra más en los granos de quinua permitiendo la liberación de más saponinas. En cuanto a los valores arrojados en la investigación hecha por (Gómez et al., 2014: pp. 175-176) la quinua perlada por abrasión da un valor de 0.1298 % (129.8 mg/100 g de peso seco) este valor difiere en gran cantidad al obtenido por la metodología HPLC tanto para la organización 1 como para la organización 2. Manzaneda (2018, pp. 106-110) menciona que la quinua perlada mediante escarificado tiene un contenido de saponina que va entre 0.04 a 0.25%, mientras que la quinua perlada mediante escarificado combinado tiene un porcentaje de saponina de 0.06 a 0.12 % cabe recalcar que este método de perlado es el mismo elaborado por la organización 1, sin embargo, mediante la metodología de cuantificación HPLC los valores no se encuentran dentro del rango (Tabla 4-1)

Por lo anterior es necesario analizar el porqué de esta variación y cuál es el valor más cercano a la realidad. Los resultados obtenidos por el método de HPLC pudieron verse afectados debido a

que se tomó como base de cálculo a la ecuación de la recta de la curva de calibración del estándar Quillaja Saponaria sp (S4521-256) que según el certificado (ANEXO C) de análisis del mismo solicitado por (Usiña, Khaterine, 2017, p. 99) arroja un valor de saponinas del 32%, lo que puede afectar a los resultados del área generada por la identificación de otros metabolitos y no saponinas, ya que este estándar no es totalmente purificado y además las saponinas identificadas no provienen de la quinua sino que del árbol Quillaja Saponaria y sus estructuras son diferentes según los gráficos 4-1 y 6-1 creados por (Ahumada et al., 2016: pp. 441-442) y (Cartagena, 2010, p. 2).

### 3.3. Efectividad del método de perlado

La efectividad del método de perlado es analizada en función del cumplimiento del contenido de saponina permitido para quinua perlada por la normativa (máximo 0,12%) y el número de etapas en el procesamiento. En la organización uno utiliza pulido, lavado y secado; mientras que en la dos usan lavado y secado, una etapa menos. A los datos presentados en la Tabla 4-3 se aplicó una prueba estadística para determinar si existe diferencia entre estos dos métodos de pulido.

En la tabla 5-3 se muestra los valores promedios con la desviación estándar del porcentaje de saponina medido por los métodos espumoso y HPLC en muestras de quinua perlada bajo dos tratamientos: método combinado (n= 5) y el método húmedo (n=5). Para determinar si existe diferencia estadística entre estos dos métodos de perlado se aplicó la prueba t student para los datos de los dos métodos de ensayo espumo y HPLC por separado. Previamente se realizó el análisis de normalidad de los datos a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov, como se muestra en el Anexo B, con el que se determinó que los datos siguen una distribución normal.

**Tabla 5-3:** Análisis estadístico (t student) de los dos métodos de perlado

Método de perlado	n	Media	Desviación Estándar	t cal	Probabilidad
Combinado	10	1.523	± 1.607	-2.762	0.01*
Húmedo	10	1.838	± 1.925		

P<0.05: Existen diferencias significativas.

**Realizado por:** Timbila, Ana, 2022

En cuanto al análisis estadístico, se determinó que los datos obtenidos de acuerdo a los dos métodos de perlado, estos tienen diferencias altamente significativas ya que el t calculado es de 2.262, siendo mayor al nivel de significancia (0.05), en cuanto a la probabilidad, esta establece diferencias significativas demostrando que el método de perlado combinado es el más eficiente ya que se muestra que la quinua perlada mediante este método posee menor cantidad de saponinas que el método de perlado en húmedo.

Para evitar que la materia prima sea causante de que haya menor o mayor cantidad de saponina en la quinua procesada con los métodos de perlados que realizan en las diferentes organizaciones, también se realizó una prueba t' student que se observa en el Anexo A, demostrado que la materia prima no tiene diferencia significativa en cuanto a las dos organizaciones que posteriormente procesan la materia prima con diferentes métodos de perlado. Lo que se traduce en que la quinua sin procesar de la organización 1 y de la organización 2 poseen cantidad estadísticamente iguales de saponina.

### 3.4. Efectividad del método de cuantificación de saponinas

**Tabla 6-3:** Análisis estadístico (t student) de los dos métodos de cuantificación de saponinas

Método de cuantificación	n	Media	Desviación Estándar	t cal	Probabilidad
Espumoso	10	0.007 ±	0.008	-31.038	0.0000**
HPLC	10	3.353 ±	0.347		

P<0.01: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

El análisis estadístico establece que existen diferencias altamente significativas en cuantos a los valores de los dos métodos de cuantificación de saponinas. Lo que se traduce en que los métodos de cuantificación no se relacionan por lo que se debe establecer que método es más cercano a la realidad.

## CONCLUSIONES

- Se obtuvieron muestras de materia prima y de producto perlado, en la organización 1 se obtuvieron 5 muestras de materia prima y 5 quinua perlada esta organización realiza un método de perlado combinado; en la organización 2 de la misma manera se adquirieron 5 muestras de quinua sin procesar y 5 muestras de quinua perlada cabe recalcar que dicha empresa realiza un método de perlado vía húmeda. En cuanto al análisis de humedad realizado a las muestras de quinua los valores obtenidos están en un rango de 10.3549 a 11.8019 %, mientras que en el análisis esteomicroscópico se evidencio que el pericarpio que posee la quinua sin procesar ya no aparece en la quinua perlada tanto en la organización 1 como en la 2.
- En la cuantificación de saponina mediante el método espumoso en quinua perlada de la organización 1 que realiza un método de perlado combinado se obtuvieron valores de 0.000% de saponina, mientras que para la organización 2 que ejecuta un método de perlado vía húmeda alcanzaron valores dentro de un rango de 0.0055 a 0.0188 % de saponinas. La valoración de saponinas mediante el método HPLC para la organización 1 dieron valores que van desde 2.95 hasta 3.24%, en cuanto a la organización 2 los valores obtenidos estuvieron en un rango de 3.42 a 3.84%, los valores obtenidos mediante el método HPLC se cree que tuvieron algún error causados por motivos explicados anteriormente en el presente trabajo, es por ello que difieren en gran cantidad a los obtenidos mediante el método espumoso.
- El desarrollo del análisis estadístico t 'student realizado al contenido de saponina los dos métodos de perlado permitió identificar que hay diferencias significativas entre el método de perlado combinado y el método de perlado húmedo, siendo la probabilidad menor a 0.05, reflejando que el método de perlado combinado elimina mayor cantidad de saponina , es decir que el método de perlado combinado es más eficaz, sin embargo, mediante el método espumoso ambos tratamientos cumplen la normativa para que el producto sea expendido de manera segura en relación a la saponina, mientras que con el ensayo HPLC la quinua perlada tanto en la organización 1 como en la 2 no es apta para el consumo.
- El análisis estadístico t' student aplicado al contenido de saponina de acuerdo a los métodos de cuantificación arrojan que existe diferencias altamente significativas ya que la probabilidad es menor a 0.01. Lo que quiere decir que los valores establecidos mediante el método espumoso difieren a los encontrados con el método HPLC, por lo tanto, es necesario establecer otro protocolo para cada método para poder tener similitud y certeza en los resultados.

- Mediante el análisis HPLC, los resultados obtenidos no tienen una correlación adecuada con los valores logrados mediante el método espumoso, y mediante el análisis de otras investigaciones se puede determinar que la metodología aplicada para el análisis HPLC no es confiable.

## RECOMENDACIONES

- Desarrollar análisis más confiables como espectrofotometría y cromatografía de alta resolución (HPLC) para la cuantificación de saponina en quinua perlada que permitan realizar con más exactitud los análisis de este tipo a las organizaciones que se encargan de la distribución de la misma garantizando la inocuidad del producto.
- Para realizar la cuantificación de saponinas usando curvas de calibración, usar estándares purificados y si es posible del mismo origen para evitar interferencias de otros metabolitos y por consiguiente una cualificación exacta.
- Validar el método de cuantificación de saponinas por HPLC en las semillas de quinua tanto a la materia prima como al producto perlado para lograr una mejor valoración del analito sin dificultades
- Realizar el método de perlado vía húmeda, ya que cumple con la normativa establecida por el Codex alimentario y no se emplea muchos recursos

## BIBLIOGRAFÍA

**ARMADA, M, et al.** “Diseño y Construcción de un Prototipo Escarificador de Quinoa”. Radi [en línea], 2012, (Argentina) 1, pp. 51-52. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://radi.org.ar/wp-content/uploads/2016/08/N1.T5.pdf>

**AHUMADA, A, et al.** “Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): un subproducto con alto potencial biológico”. Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas [en línea], 2016, (Colombia) 45(3), pp. 441-442. [Consulta: 11 octubre 2021]. ISSN 438-469. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf>

**BOJANIC, Alan.** *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial* [blog]. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>

**BURGA SANTISTEBA, Wilder, & SANGAY CRUZADO, Cristhian Percy.** Comparación de la concentración de saponinas entre *Chenopodium quinoa* “quinua” y *Quillaja saponaria* “choloque” [En línea] (Trabajo de titulación). (Tercer Nivel) Universidad Privada Antonia Guillermo Urrelo, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela de Farmacia y Bioquímica. Cajamarca, Perú. 2018. p.55. [Consulta: 2022-03-1]. Disponible en: [http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/804/FyB-020\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/804/FyB-020_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**CANDIA DANZ, Lia.** Diseño y evaluación de una esscarificadora para la extracción de saponina de la quinua - Región Puno [En línea] (Trabajo de titulación). (Tercer Nivel) Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Puno, Perú. 2016. p. 13. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2575/Candia\\_Danz\\_Lia\\_Olaguivel\\_Quisocalla\\_Alfredo\\_Ivan.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2575/Candia_Danz_Lia_Olaguivel_Quisocalla_Alfredo_Ivan.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**CARTAGENA RAMÍREZ, Carlos.** Sapogeninas de un extracto de corteza de Quillaja Saponaria Mol. Aislamiento, identificación y evaluación de potencial actividad hipoglicemiante in-vitro [En línea] (Trabajo de titulación). (Tercer Nivel) Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago, Chile. 2010. p. 2. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115436/cartagena\\_c.pdf?sequence=1](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115436/cartagena_c.pdf?sequence=1)

**CERRON MERCADO, Francis Gladys.** Efectos de temperatura y tiempo en el desamargado y secado de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Tercer Nivel) Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. 2013. p. 73. [Consulta: 2022-03-1]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2672/Cerron%20Mercado.pdf?sequence=1>

**CXS 333-2019.** *Norma para la quinua*

**ESCALERA, Carlos; et al.** “Beneficiado en seco de la quinua. Proyecto de prefactibilidad para el beneficiado en seco de quinua con un lecho tipo surtidor”. *Programa de Investigación Estratégica en Bolivia*, no. 2 (2011), (La Paz, Bolivia) pp. 13-32.

**FAO.** *Aplicaciones y usos de la quinua* [blog]. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: [https://www.itp.gob.pe/archivos/vtic/AGROINDUSTRIA\\_001-2014/files/assets/downloads/pag\\_e0077.pdf](https://www.itp.gob.pe/archivos/vtic/AGROINDUSTRIA_001-2014/files/assets/downloads/pag_e0077.pdf)

**FAO.** *Quinua valor nutricional* [blog]. Santiago, Chile: 2013. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: [https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1](https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1)

**GÓMEZ, Ana; et al.** “Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)”. *El Sevier* 158 (2014), (Granada, España) pp. 175-176.

**GUASGUA ANDRAGO, Jenny Margoth.** Efecto inhibitorio de los extractos de arrayán (*Myrcianthes Halli*) y aguacate (*Persea Americana*) sobre la cepa porphyromona gingivalis. estudio in vitro [En línea] (Trabajo de titulación).(Tercer Nivel) Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Odontología, Odontología. Quito-Ecuador.2017. pp. 34. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8277/1/T-UCE-0015-452.pdf>.

**GUILCAPI MAYORGA, Verónica Belén.** Evaluación de métodos para la extracción de saponina presente en el mojuelo de quinua amarga (*Chenopodium quinoa*) [en línea].(Trabajo de titulación).(Tercer Nivel). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Ciencias, Escuela de Química. Riobamba-Ecuador. 2019. p. 27. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13255/1/156T0006.pdf>



**LOZANO, Maribel; et al.** “Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa Willd*” *Revista Boliviana de Química* [En línea], 2012, (Bolivia). [Consulta: 11 octubre 2021] ISSN 0250-5460. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000200002&script=sci_arttext)

**MAGAP.** *Boletín Situacional Quinua* [blog]. Ecuador, 2019. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: [http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2019/boletin\\_situacional\\_quinua\\_2019.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2019/boletin_situacional_quinua_2019.pdf)

**MANZANEDA CABALA, Eduardo Juan.** Modelo de gestión estratégica para pymes procesadoras de quinua, caso: empresa fortigrano [En línea] (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad Nacional De San Agustín. Arequipa, Perú. 2018. pp. 106-110. [Consulta: 2022-03-1]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5862/CODmaceaj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**MEYHUAY, M.** “QUINUA Operaciones de Poscosecha”. Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO [en línea], 2013, pp. 1-21. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ar364s/ar364s.pdf>

**MUJICA, Angel; et al.** *Origen y descripción de la quinua* [en línea], 2017, pp. 1-22. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/storage/80/80773494/1657581463/BzKh2a76R2sLzF0Bihh2SA/80773494.pdf>

**MUJICA, Angel; & JACOBSEN, Sven.** “La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres”. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 2006, (Perú), pp. 450-451. [Consulta: 11 octubre 2021]. ISSN 449-457.

**NICKEL, Júlia; et al.** “Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa Willd* grains” *El Sevier* 209 (2016), (Brazil) pp. 140-142.

**NTE INEN 1672:2013.** *Quinua. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina)*

**NTE INEN 1673:2013.** *Quinua. Requisitos*

**SALTOS MENDOZA, Indira.** Exportación de Rissoto de Quinoa de Ecuador a Italia [En línea] (Plan de negocios). (Maestría) Universidad Casa Grande, Guayaquil, Ecuador. 2020. pp. 11-12. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasa-grande/2381/1/Tesis2553SALp-1.pdf>

**RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Adriana.** Chenopodium quinoa Willd. ¿Por qué nos interesa conocerla? [En línea] (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias de la Salud. Tenerife-España. 2018. pp. 4 - 5 [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/8687/Chenopodium%20quinoa%20Willd.%20C2%BFPor%20que%20nos%20interesa%20conocerla.pdf?sequence=1>

**USIÑA ESTRADA, Katherine Marcela.** Análisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de *Sapindus saponaria L.* [En línea] (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Química Farmacéutica, Quito – Ecuador. 2017. pp. 25-99. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13116/1/T-UC-0008-QF009-2017.pdf>

**VALENZUELA CHAUCA, Diana Pamela.** Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinoa por parte del Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Estudios Sociales y Globales, Quito - Ecuador. 2016. pp. 9-33. [Consulta: 2021-10-11]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5121/1/T2038-MRI-Valenzuela-Nuevos.pdf>

**Weather-atlas.com.** *Clima y previsión meteorológica mensual Riobamba, Ecuador* [blog]. Riobamba, Ecuador. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/riobamba-clima#rainfall>



## ANEXOS

### ANEXO A: T' STUDENT DE LA QUINUA SIN PROCESAR

Organización	n	Media	Desviación Estándar	t cal (0.05)	Probabilidad (0.05)
1 (Combinado)	10	1.94024 ±	1.40628157	2.101 **	0.4932 <sup>ns</sup>
2 (Húmedo)	10	1.95097 ±	1.39513664		

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### ANEXO B: ANÁLISIS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS A TRAVÉS DE LA PRUEBA KOLMOGOROV-SMIRNOV

Prueba de Normalidad -Método Espumoso							
# datos	10	<b>Los datos presentan una distribución normal</b>				ks statistic TES D	0.30132
Media	0.0072					ks critical Value	0.40925
Desviación estándar	0.0085						
i	xi	pi	zi	p(zi)	1 p(zi)-pi	IP(Zi)-p(i-1)	<b>Ks Statistic test (D) &lt; Ks critical Value</b>
1	0	0.1	-0.8464	0.1987	0.0987	0.1987	<b><math>\Xi_i \approx N(\mu, \sigma^2)</math></b>
2	0	0.2	-0.8464	0.1987	0.0013	0.0987	
3	0	0.3	-0.8464	0.1987	0.1013	0.0013	
4	0	0.4	-0.8464	0.1987	0.2013	0.1013	
5	0	0.5	-0.8464	0.1987	0.3013	0.2013	
6	0.0055	0.6	-0.1962	0.4222	0.1778	0.0778	
7	0.0115	0.7	0.5130	0.6960	0.0040	0.0960	
8	0.0179	0.8	1.2695	0.8979	0.0979	0.1979	
9	0.0179	0.9	1.2695	0.8979	0.0021	0.0979	
10	0.0188	1	1.3759	0.9156	0.0844	0.0156	

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

**Prueba de Normalidad -Método HPLC**

								ks statistic TES D	0.1846
# datos	10	<b>Los datos presentan una distribución normal</b>						ks critical Value	0.4093
Media	3.3534								
Desviación estándar	0.3473								
i	xi	pi	zi	p(zi)	p(zi)-pi	P(Zi)-p(i-1)	<b>Ks Statistic test (D) &lt; Ks critical Value</b>		
1	2.9536	0.10	-1.1513	0.1248	0.0248	0.1248	<b><math>X_i \approx N(\mu, \sigma^2)</math></b>		
2	2.9537	0.20	-1.1510	0.1249	0.0751	0.0249			
3	3.0159	0.30	-0.9719	0.1656	0.1344	0.0344			
4	3.0961	0.40	-0.7410	0.2294	0.1706	0.0706			
5	3.2111	0.50	-0.4098	0.3410	0.1590	0.0590			
6	3.4369	0.60	0.2403	0.5950	0.0050	0.0950			
7	3.6270	0.70	0.7877	0.7846	0.0846	0.1846			
8	3.6419	0.80	0.8306	0.7969	0.0031	0.0969			
9	3.7586	0.90	1.1666	0.8783	0.0217	0.0783			
10	3.8396	1.00	1.3998	0.9192	0.0808	0.0192			

**Realizado por:** Timbila, Ana, 2022

## ANEXO C: CERTIFICADO DE ANÁLISIS A SAPONARIA QUILLAJA

**SIGMA-ALDRICH**

[sigma-aldrich.com](http://sigma-aldrich.com)

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: [www.sigmaaldrich.com](http://www.sigmaaldrich.com)

Email USA: [techserv@sial.com](mailto:techserv@sial.com)

Outside USA: [eurtechserv@sial.com](mailto:eurtechserv@sial.com)

### Certificate of Analysis

Product Name:

Saponin from quillaja bark - Saponin content 20-35 %

Product Number: S4521  
Batch Number: SL8D7908V  
Brand: SIGMA  
CAS Number: 8047-15-2  
MDL Number: MFCD00081981  
Quality Release Date: 11 DEC 2012  
Recommended Retest Date: DEC 2016

Test	Specification	Result
Appearance (Color)	Faint Beige to Brown	Light Brown
Appearance (Form)	Powder	Powder
Infrared spectrum	Conforms to Structure	Conforms
Saponin Content	20 - 35 %	32 %
Residue on ignition (Ash)	≤ 10 %	2 %



Rodney Burbach, Manager  
Analytical Services  
St. Louis, Missouri US

## ANEXO D: RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO DE TRABAJO

### HOJA DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

#### 1. Descripción de la muestra 1

Parámetros	Físico-Químicos
Código	A-E
Muestra	Quinoa Sin Procesar y Perlada (Organización 1)
Nombre de la muestra	Perlado combinado
Fecha de inicio de los análisis	01/02/2022
Análisis Solicitado	% Humedad Estereomicroscopía de quinua Cuantificación de Saponinas en HPLC Cuantificación de Saponinas método espumoso
Normativa	NTE INEN 1672:2013 (Método Espumoso)
Autor	(Belen 2014; Guasgua 2017) (Método HPLC)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

#### 2. Descripción de la muestra 2

Parámetros	Físico-Químicos
Código	F-J
Muestra	Quinoa Sin Procesar y Perlada (Organización 2)
Nombre de la muestra	Perlada en humedo
Fecha de inicio de los análisis	01/02/2022
Análisis Solicitado	% Humedad Estereomicroscopía de quinua Cuantificación de Saponinas en HPLC Cuantificación de Saponinas método espumoso
Normativa	NTE INEN 1672:2013 (Método Espumoso)
Autor	(Belen 2014; Guasgua 2017) (Método HPLC)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### 3. Descripción de estándar de saponina

Parámetros	Físico-Químicos
Código	P(1-5)
Muestra	Patrón Quillaja saponaria 33%
Fecha de inicio de los análisis	01/02/2022
Análisis Solicitado	% Humedad Estereomicroscopía de quinua Cuantificación de Saponinas en HPLC Cuantificación de Saponinas método espumoso NTE INEN 1672:2013 (Método Espumoso)
Normativa	
Autor	(Belen 2014; Guasgua 2017) (Método HPLC)

Realizado por: Timbila, Ana, 2022

### 4. Resultados del % humedad en quinua

Tabla N° 1.- Resultado del análisis de humedad en quinua

Determinación de Humedad Quinua, %							
Código	Repetición	Peso Crisol	Peso Muestra	Peso crisol + muestra desezada	%Materia Seca	%Humedad	Media
A	1	35.1574	10.0010	44.0879	89.2961	10.7039	10.8535
	2	20.4873	10.1990	29.5641	88.9970	11.0030	
B	1	31.1574	10.9047	40.8450	88.8388	11.1612	11.0892
	2	26.1617	10.2232	35.2586	88.9829	11.0171	
C	1	36.6596	10.3217	45.8564	89.1016	10.8984	11.0987
	2	31.2644	10.0354	40.1659	88.7010	11.2990	
D	1	29.1209	10.0059	38.0268	89.0065	10.9935	11.0317
	2	19.0984	10.0010	27.9923	88.9301	11.0699	
E	1	23.1254	10.3201	32.3224	89.1174	10.8826	10.5641
	2	22.6578	10.0024	31.6354	89.7545	10.2455	
F	1	37.8901	10.0001	46.8204	89.3016	10.6984	10.3549
	2	20.5478	10.0245	29.5687	89.9886	10.0114	
G	1	22.5190	10.0896	31.4689	88.7042	11.2958	11.3256
	2	30.1487	10.0982	39.1002	88.6445	11.3555	
H	1	22.1068	10.3210	31.2248	88.3442	11.6558	11.6310
	2	19.6436	10.0051	28.4875	88.3939	11.6061	
I	1	31.2900	10.0064	40.1987	89.0300	10.9700	11.0522
	2	36.7894	10.0023	45.6780	88.8656	11.1344	
J	1	26.5491	10.0120	35.3604	88.0074	11.9926	11.8019
	2	27.1286	10.0248	35.9894	88.3888	11.6112	













REALIZADO POR: Ana Lucia Timbila Vélez

FUENTE: Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

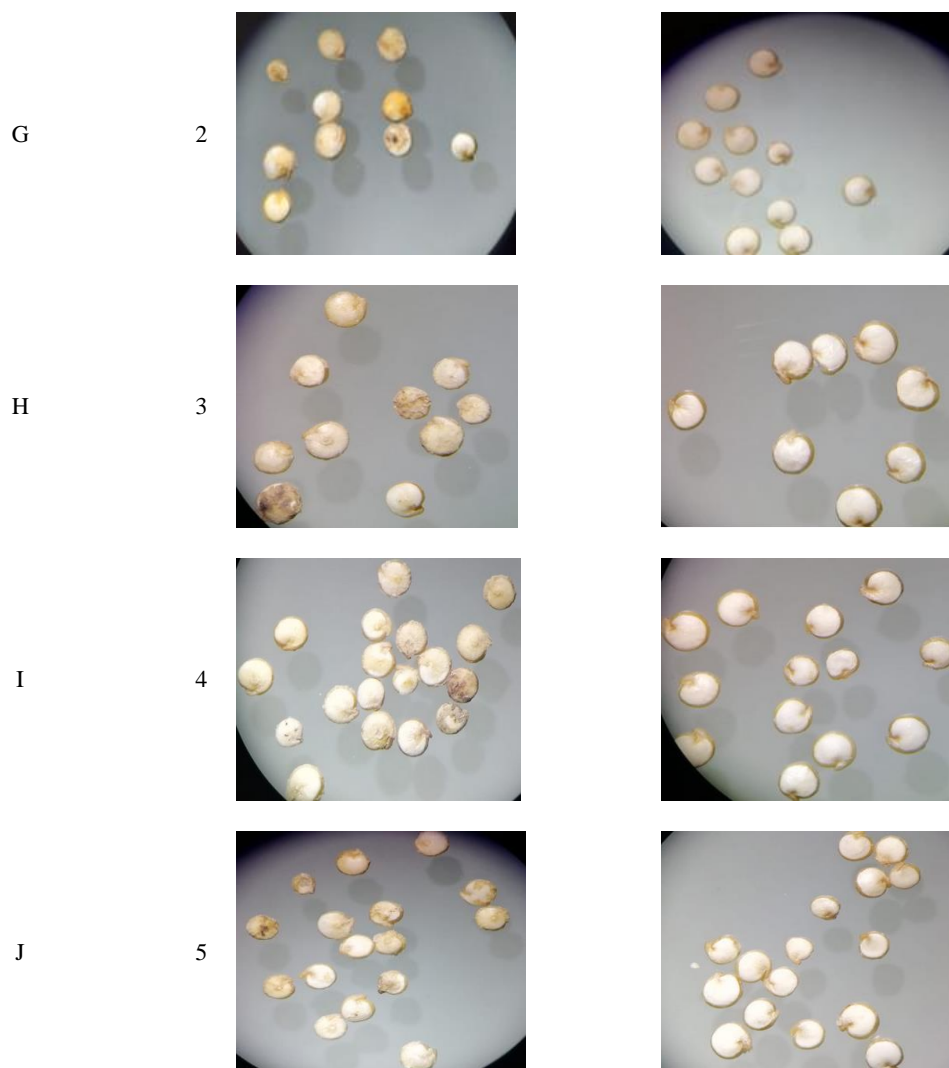
DIRIGIDO POR: BqF. Alicia Zavala

## 5. Resultados del análisis de estereomicroscopía en quinua

Tabla N° 2.- Estereomicroscopía de la quinua

Código de laboratorio	Lote	Materia prima	Quinoa perlada
A	1		
B	2		
C	3		
D	4		
E	5		
F	1		





**REALIZADO POR:** Ana Lucia Timbila Vélez

**FUENTE:** Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

**DIRIGIDO POR:** BqF. Alicia Zavala

## 6. Resultados de la curva de calibración método HPLC

**Tabla N° 3.-** Resultado del análisis de la Curva de Calibración

CURVA DE CALIBRACION HPLC				
Muestra		Concentración	Tiempo	Área
	P1	3300	3.603	98.275
	P2	2640	3.037	71.498
	P3	1980	3.613	54.145
	P4	1320	3.583	30.198
	P5	660	3.610	0.563

**REALIZADO POR:** Ana Lucia Timbila Vélez

**FUENTE:** Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

**DIRIGIDO POR:** BqF. Alicia Zavala

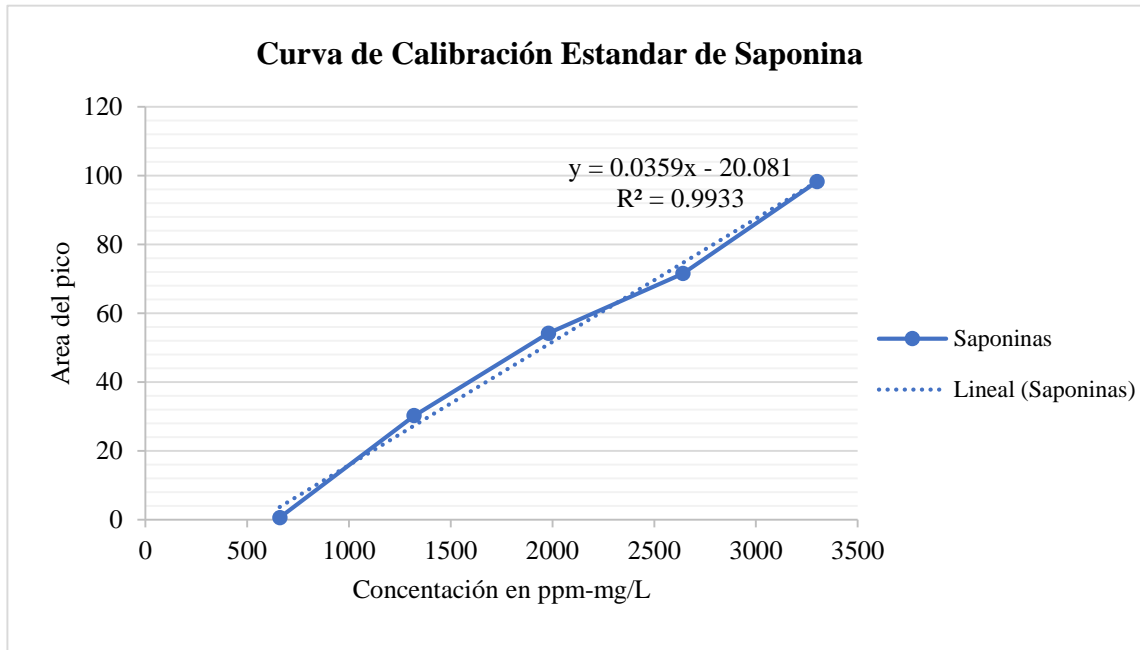


Gráfico N° 1. Curva de calibración estándar de saponina metodo HPLC

REALIZADO POR: Ana Lucia Timbila Vélez

FUENTE: Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

DIRIGIDO POR: BqF. Alicia Zavala

## 7. Resultados de la determinación de % saponina en muestras de quinua perladas con el método combinado y el húmedo por el método HPLC

**Fórmula:**

$$Y = 0.0359X - 20.081$$

$$X = \frac{Y + 20.081}{0.0359}$$

Y= Área del pico (mV.min)

X= Concentración en ppm

Para obtener el % de saponinas sobre materia seca mediante el método HPLC, teniendo en cuenta las diluciones se usó la siguiente formula:

$$\% \text{ Saponina} = X \left( \frac{\text{ml}}{\text{L}} \right) \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} \times \frac{25 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} \times \frac{10 \text{ ml}}{m \text{ (g)}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times 100$$

Donde:

X: Es la concentración de saponinas en muestras (ppm o ml/L) (variable independiente calculada mediante la curva de calibración).

m: muestra de quinua en g macerada.

**Tabla N° 4.-** Resultado del análisis de las muestras de quinua sin procesar por el método HPLC

CUANTIFICACIÓN SAPONINAS-HPLC-MATERIA PRIMA												
Empresa	# muestra	Repeticiones	Horas maceración	Extracto mL	Peso de	Dilución	Tiempo (min)	Área	Concentración ppm	Concentración %	Media % saponina	Desviación Estándar
					la muestra (g)	(ml sol. mac /F. móvil)						
Organización 1	1	1	48	10	1	5/25	3.63	5.40	709.86	3.55	3.5465	0.0039
		2	48	10	1	5/25	3.63	5.36	708.75	3.54		
	2	1	48	10	1.005	5/25	3.64	6.19	731.64	3.64	3.6414	0.0019
		2	48	10	1	5/25	3.64	6.07	728.55	3.64		
	3	1	48	10	1.002	5/25	3.63	2.20	620.61	3.10	3.1062	0.0131
		2	48	10	1	5/25	3.63	2.29	623.09	3.12		
	4	1	48	10	1	5/25	3.60	1.61	604.12	3.02	3.0286	0.0112
		2	48	10	1	5/25	3.60	1.72	607.30	3.04		
	5	1	48	10	1	5/25	3.60	1.16	591.59	2.96	2.9721	0.0201
		2	48	10	1	5/25	3.60	1.36	597.27	2.99		
6	1	48	10	1	5/25	3.64	1.07	589.14	2.95	2.9423	0.0047	
	2	48	10	1	5/25	3.64	1.02	587.80	2.94			
7	1	48	10	1	5/25	3.62	1.98	614.55	3.07	3.0811	0.0118	
	2	48	10	1	5/25	3.62	2.10	617.88	3.09			
8	1	48	10	1	5/25	3.63	3.88	667.38	3.34	3.3386	0.0024	
	2	48	10	1	5/25	3.63	3.90	668.05	3.34			
9	1	48	10	1	5/25	3.60	3.62	660.09	3.30	3.2956	0.0068	
	2	48	10	1	5/25	3.60	3.55	658.16	3.29			
10	1	48	10	1	5/25	3.66	6.26	733.65	3.67	3.6569	0.0161	
	2	48	10	1.004	5/25	3.66	6.20	732.01	3.65			

**REALIZADO POR:** Ana Lucia Timbila Vélez

**FUENTE:** Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

**DIRIGIDO POR:** BqF. Alicia Zavala

**Tabla N° 5.-** Resultado del análisis de las muestras de quinua perlada por el método HPLC

CUANTIFICACIÓN SAPONINAS-HPLC-PERLADA												
Empresa	# muestra	Repeticiones	Horas maceración	Extracto mL	Peso de la muestra (g)	Dilución (ml sol. mac /F. móvil)	Tiempo (min)	Área	Concentración ppm	Concentración %	Media % saponina	Desviación Estándar
Organización 1	1	1	48	10	1.001	5/25	3.63	1.15	591.33	2.95	2.9477	0.0085
		2	48	10	1.01	5/25	3.63	1.25	594.21	2.94		
	2	1	48	10	1	5/25	3.64	2.15	619.22	3.10	3.0995	0.0048
		2	48	10	1.004	5/25	3.64	2.29	623.06	3.10		
	3	1	48	10	1.03	5/25	3.62	1.76	608.44	2.95	3.0054	0.0732
		2	48	10	1.001	5/25	3.62	1.89	612.03	3.06		
	4	1	48	10	1.005	5/25	3.60	1.68	606.19	3.02	3.0181	0.0032
		2	48	10	1	5/25	3.60	1.61	604.07	3.02		
	5	1	48	10	1.005	5/25	3.60	3.21	648.64	3.23	3.2420	0.0212
		2	48	10	1	5/25	3.63	3.30	651.39	3.26		
6	1	48	10	1.003	5/25	3.64	6.99	753.98	3.76	3.7559	0.0039	
	2	48	10	1.005	5/25	3.63	7.00	754.37	3.75			
7	1	48	10	1.005	5/25	3.62	6.20	732.02	3.64	3.6487	0.0097	
	2	48	10	1.003	5/25	3.62	6.25	733.31	3.66			
8	1	48	10	1	5/25	3.63	7.65	772.53	3.86	3.8384	0.0343	
	2	48	10	1.006	5/25	3.63	7.47	767.41	3.81			
9	1	48	10	1	5/25	3.60	5.99	726.13	3.63	3.6304	0.0003	
	2	48	10	1.001	5/25	3.60	6.01	726.77	3.63			
10	1	48	10	1.002	5/25	3.63	4.60	687.38	3.43	3.4418	0.0166	
	2	48	10	1.006	5/25	3.66	4.86	694.85	3.45			

**REALIZADO POR:** Ana Lucia Timbila Vélez**FUENTE:** Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal**DIRIGIDO POR:** BqF. Alicia Zavala

## 8 Resultados de la determinación de % saponina en muestras de quinua sin procesar y perlada método espumoso

**Fórmula:**

$$PS = \frac{(0.646 \times h) - 0.104}{m \times 10}$$

En donde:

PS = el contenido de saponinas de la quinua, en porcentaje en masa;

h = altura de espuma, en cm.

m = masa de la muestra, en g.

**Tabla N° 6.-** Resultados de la Cuantificación de saponina en quinua sin procesar por método espumoso

Cuantificación de Saponina -Método Espumoso							
Empresa	Muestra	Repeticiones	m. muestra (g)	h. espuma	% Saponina	MEDIA % Saponia	$\sigma$ (desviación estándar)
ORGANIZACIÓN 1	A	1	0.500	5.51	0.6911		
		2	0.500	5.24	0.6562	0.6549	0.0368
		3	0.500	4.94	0.6174		
	B	1	0.501	5.89	0.7387		
		2	0.501	5.57	0.6974	0.7091	0.0259
		3	0.501	5.52	0.6910		
	C	1	0.507	4.87	0.6000		
		2	0.504	5.32	0.6613	0.6497	0.0450
		3	0.509	5.58	0.6878		
	D	1	0.502	4.54	0.5635		
		2	0.501	4.57	0.5685	0.5539	0.0210
		3	0.501	4.27	0.5298		
	E	1	0.503	4.23	0.5226		
		2	0.504	4.53	0.5600	0.5400	0.0188
		3	0.506	4.37	0.5374		
ORGANIZACIÓN 2	F	1	0.501	4.8	0.5982		
		2	0.501	5.08	0.6343	0.6145	0.0183
		3	0.501	4.9	0.6111		
	G	1	0.500	5.15	0.6446		
		2	0.500	4.92	0.6149	0.6295	0.0149
		3	0.500	5.03	0.6291		
H	1	0.502	5.65	0.7064			
	2	0.502	6.65	0.8350	0.7192	0.1099	
	3	0.502	4.95	0.6163			
I	1	0.502	4.85	0.6034	0.6167	0.0129	

		2	0.501	5.04	0.6291		
		3	0.500	4.94	0.6174		
		1	0.500	4.74	0.5916		
	J	2	0.502	5.24	0.6536	0.6153	0.0334
		3	0.502	4.83	0.6008		

REALIZADO POR: Ana Lucia Timbila Vélez

FUENTE: Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

DIRIGIDO POR: BqF. Alicia Zavala

**Tabla N° 7.-** Resultados de la Cuantificación de saponina en quinua perlada por método espumoso

Cuantificación de Saponina -Método Espumoso							
Empresa	Muestra	Repeticiones	m. muestra (g)	h. espuma	% Saponina	MEDIA % Saponina	$\sigma$ (desviación estándar)
ORGANIZACIÓN 1	A	1	0.500	0.1	0.0000		
		2	0.500	0.03	0.0000	0.0000	0
		3	0.500	0.02	0.0000		
	B	1	0.501	0.11	0.0000		
		2	0.502	0.03	0.0000	0.0000	0
		3	0.499	0.05	0.0000		
	C	1	0.500	0.01	0.0000		
		2	0.504	0.03	0.0000	0.0000	0
		3	0.501	0.03	0.0000		
	D	1	0.501	0.07	0.0000		
		2	0.499	0.12	0.0000	0.0000	0
		3	0.501	0.08	0.0000		
E	1	0.499	0.05	0.0000			
	2	0.502	0.003	0.0000	0.0000	0	
	3	0.501	0.024	0.0000			
F	1	0.503	0.46	0.0384			
	2	0.503	0.28	0.0153	0.0179	0.0193	
	3	0.500	0.09	0.0000			
G	1	0.501	0.38	0.0282			
	2	0.500	0.1	0.0000	0.0188	0.0163	
	3	0.503	0.38	0.0281			
H	1	0.500	0.25	0.0115			
	2	0.500	0.08	0.0000	0.0055	0.0058	
	3	0.500	0.2	0.0050			
I	1	0.502	0.41	0.0320			
	2	0.502	0.1	0.0000	0.0115	0.0178	
	3	0.503	0.18	0.0024			

	1	0.503	0.18	0.0024		
J	2	0.502	0.52	0.0462	0.0179	0.0246
	3	0.504	0.2	0.0050		

---

**REALIZADO POR:** Ana Lucia Timbila Vélez

**FUENTE:** Laboratorio De Bromatología y Nutrición Animal

**DIRIGIDO POR:** BqF. Alicia Zavala



---

BqF. Alicia Zavala

TÉCNICO DOCENTE RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y  
NUTRICIÓN ANIMAL-ESPOCH

FECHA DE ENTREGA: 25/02/2022

## ANEXO E: RESUMEN DE RESULTADOS DE CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS

Tabla 1. Resumen cuantificación de saponinas método espumoso

Cuantificación de Saponina, Método Espumoso (%)				
Empresa	Muestra	Quinua sin procesar		Quinua Perlada
Organización 1 Perlado Mixto	A	0.655 ± 0.037		0 ± 0.00
	B	0.709 ± 0.026		0 ± 0.00
	C	0.650 ± 0.045		0 ± 0.00
	D	0.554 ± 0.021		0 ± 0.00
	E	0.540 ± 0.019		0 ± 0.00
Organización 2 Perlado húmedo	F	0.615 ± 0.018		0.018 ± 0.019
	G	0.630 ± 0.015		0.019 ± 0.016
	H	0.719 ± 0.110		0.006 ± 0.006
	I	0.617 ± 0.013		0.012 ± 0.018
	J	0.615 ± 0.033		0.018 ± 0.025

Tabla 2. Resumen cuantificación de saponinas método HPLC

Cuantificación de Saponinas - Método HPLC				
Empresa	Muestra	Quinua sin procesar		Quinua perlada
Organización 1 Perlado Mixto	A	3.547 ± 0.004		2.948 ± 0.009
	B	3.641 ± 0.002		3.100 ± 0.005
	C	3.106 ± 0.013		3.005 ± 0.073
	D	3.029 ± 0.011		3.018 ± 0.003
	E	2.972 ± 0.020		3.242 ± 0.021
Organización 2 Perlado Húmedo	F	2.942 ± 0.005		3.756 ± 0.004
	G	3.081 ± 0.012		3.649 ± 0.001
	H	3.339 ± 0.002		3.838 ± 0.034
	I	3.296 ± 0.007		3.630 ± 0.000
	J	3.657 ± 0.016		3.442 ± 0.017

Tabla 2. Resumen cuantificación de saponinas quinua perlada y sin perlar

Tratamiento	Método de detección del contenido de saponinas									
	Método espumoso					Método HPLC				
	Repeticiones									
	R1	R2	R3	R4	R5	R1	R2	R3	R4	R5
Quinua sin procesar (organización 1)	0.655	0.709	0.650	0.554	0.540	3.547	3.641	3.106	3.029	2.972
Método de perlado en mixto (T1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.948	3.100	3.005	3.018	3.242
Quinua sin procesar (organización 2)	0.615	0.630	0.719	0.617	0.615	2.942	3.081	3.339	3.296	3.657
Método de perlado en húmedo (T2)	0.018	0.019	0.006	0.012	0.018	3.756	3.649	3.838	3.630	3.422



## ANEXO F: FOTOGRAFÍAS DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



1. Muestreo de quinua



2. Muestras de quinua organización 1 y 2, materia prima y quinua perlada



3. Pesaje de estándar de saponina para la curva de calibración



4. Preparación de etanol: agua (50:50) y fase móvil (acetonitrilo 70%)



5. Diluciones para curva de calibración



6. Filtrado de diluciones estándar para corrida en HPLC



7. Pesaje de quinua



8. Macerado de quinua



9. Ensayo método espumoso materia prima



10. Medición de altura de espuma



11. Ensayo método espumoso quinua perlada



12. Filtración de muestras de quinua maceradas



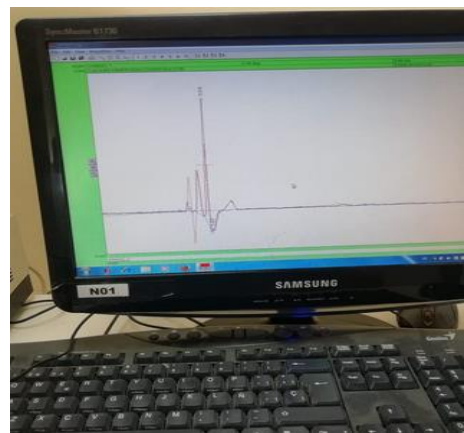
13. Vial con muestras de quinua filtradas



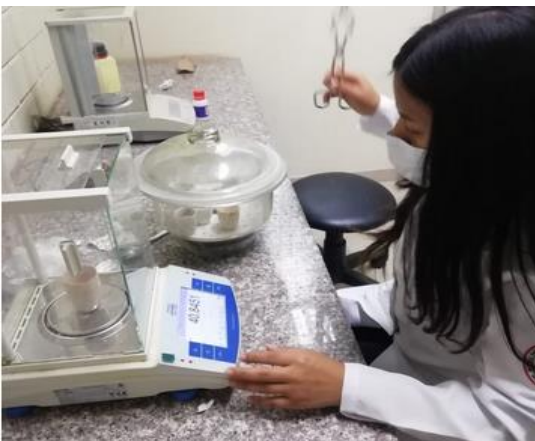
14. Filtrado de fase móvil



15. Muestras de quinua maceradas y filtradas



16. Corrida de muestras de saponina de quinua



17. Determinación de Humedad en muestras de quinua



18. Análisis de estereomicroscopía en quinua



19. Quinoa sin perlar



20. Quinoa Perlada



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16 / 09 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Ana Lucia Timbila Vélez
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias Pecuarias
<b>Carrera:</b> Agroindustria
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Agroindustrial
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

D.B.R.A.  
Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



1836-DBRA-UTP-2022