

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN LA CASCARILLA DE  
*CHENOPODIUM QUINOA WILLD* (QUINUA) VARIEDADES AMARILLA  
MARANGANÍ Y BLANCA JUNÍN EXTRAÍDAS POR EL MÉTODO DE  
MACERACIÓN HIDROALCOHÓLICA”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

AUTORES:

**YOSUART JUNIOR ARTURO CAMPOS PALACIN**  
**SARA ANGÉLICA APOLINARIO VÁSQUEZ**

ASESORA:

**DRA. CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

**PERÚ**



# TESIS FINAL - APOLINARIO VASQUEZ-CAMPOS PALACIN

**8%**  
Textos sospechosos

**8% Similitudes**  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idioma no reconocido

<p>Nombre del documento: TESIS FINAL - APOLINARIO VASQUEZ-CAMPOS PALACIN.pdf                  ID del documento: 7bb30a8ccac5e63cb00ce9642ce4b89ad91b96b1                  Tamaño del documento original: 3,82 MB</p>	<p>Depositante: FIQ PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION                  Fecha de depósito: 22/1/2024                  Tipo de carga: interface                  fecha de fin de análisis: 22/1/2024</p>	<p>Número de palabras: 17.660                  Número de caracteres: 125.218</p>
--	---	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes de similitudes

### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.12894/7921">hdl.handle.net</a>   Influencia de la temperatura y concentración de etanol en el trata... http://hdl.handle.net/20.500.12894/7921 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (380 palabras)
2	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/13116/1/T-UC-0008-QF009-2017.pdf">www.dspace.uce.edu.ec</a> http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/13116/1/T-UC-0008-QF009-2017.pdf 14 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (173 palabras)
3	<a href="https://doi.org/10.21142/1.2022.2535">doi.org</a>   Caracterización del manejo agronómico de las variedades de quinua par... https://doi.org/10.21142/1.2022.2535 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (153 palabras)
4	<a href="https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7890/TESES-VELA-REVOREDO-MANC...">repositorio.unac.edu.pe</a> https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7890/TESES-VELA-REVOREDO-MANC... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (111 palabras)
5	<a href="https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26761/1/UC-FCQ-CQF-AGUILAR_SEBASTIAN.pdf">www.dspace.uce.edu.ec</a> https://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26761/1/UC-FCQ-CQF-AGUILAR_SEBASTIAN.pdf 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (125 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8274/1/TESES-HUMMEL-PAREDES.pdf">repositorio.unac.edu.pe</a> https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8274/1/TESES-HUMMEL-PAREDES.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
2	<a href="https://hdl.handle.net/20.500.12724/12143">hdl.handle.net</a>   Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta prod... https://hdl.handle.net/20.500.12724/12143	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
3	<a href="https://1library.co/article/teoria-funcional-densidad-dft-metodos-quimica-teorica-actual.zpn2947y">1library.co</a>   TEORÍA FUNCIONAL DE LA DENSIDAD (DFT) - MÉTODOS DE QUÍMICA T... https://1library.co/article/teoria-funcional-densidad-dft-metodos-quimica-teorica-actual.zpn2947y	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	<a href="https://doi.org/10.1186/s12906-019-2455-2">doi.org</a>   Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa... https://doi.org/10.1186/s12906-019-2455-2	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
5	<a href="http://scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf">scielo.org.co</a> http://scielo.org.co/pdf/rccqf/v45n3/v45n3a06.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

### Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	<a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Tensión_superficial">https://es.wikipedia.org/wiki/Tensión_superficial</a>
2	<a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Glicosil">https://es.wikipedia.org/wiki/Glicosil</a>
3	<a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Fármaco">https://es.wikipedia.org/wiki/Fármaco</a>
4	<a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Tos">https://es.wikipedia.org/wiki/Tos</a>
5	<a href="http://doi.org/10.22438/jeb/43/3/MRN-3017">http://doi.org/10.22438/jeb/43/3/MRN-3017</a>

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

### **FACULTAD:**

INGENIERÍA QUÍMICA

### **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:**

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

### **TÍTULO:**

“Cuantificación de saponinas en la cascarilla de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa) variedades amarilla Maranganí y blanca Junín extraídas por el método de maceración hidroalcohólica”

### **AUTORES:**

YOSUART JUNIOR ARTURO, CAMPOS PALACIN / CÓDIGO ORCID: 0000-0003-4822-7274 / DNI: 72573482

SARA ANGÉLICA, APOLINARIO VÁSQUEZ / CÓDIGO ORCID: 0000-0002-1892-0230 / DNI: 46589859

### **ASESORA:**

CARMEN GILDA, AVELINO CARHUARICRA / CÓDIGO ORCID: 0000-0003-0339-3324 / DNI:07287720

### **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNAC Y LABORATORIO EXTERNO DE ENSAYO E INVESTIGACIÓN SLAB PERÚ

### **UNIDAD DE ANÁLISIS:**

CASCARILLA DE *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa)

**TIPO:** APLICADA / **ENFOQUE:** CUANTITATIVO / **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:** EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:** INGENIERÍA DE PROCESOS

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

La presente tesis fue sustentada por el bachiller CAMPOS PALACIN YOSUART JUNIOR ARTURO y APOLINARIO VÁSQUEZ SARA ANGÉLICA ante el JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

Ing. Dra. SANEZ FALCÓN LIDA	PRESIDENTE
Ing. Mg. RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	SECRETARIO
Ing. Mg. CABRERA ARISTA CESAR	MIEMBRO
Ing. Dr. TRUJILLO PEREZ SALVADOR	MIEMBRO
Dra. AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA	ASESORA

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° “01” de Tesis con Ciclo de Tesis Folio N° “124” y Acta N° “123” de fecha “23 DE ENERO 2024”, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU, de fecha 30 de octubre del 2018.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
XI CICLO DE TESIS  
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

**ACTA N° 123 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

**LIBRO 01 FOLIO N° 124 ACTA N° 123 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS  
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO**

A los 23 días del mes de enero del año 2024, siendo las 16:15 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/xch-ftwq-dpj>, el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS para la obtención del TÍTULO profesional de Ingeniero Químico de la Facultad de Ingeniería Química, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. SANEZ FALCON LIDA CARMEN	PRESIDENTE
Ing. RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO	SECRETARIO
Lic. CABRERA ARISTA CESAR	MIEMBRO
Ing. AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA	ASESORA

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los bachilleres **APOLINARIO VASQUEZ SARA ANGELICA** y **CAMPOS PALACIN YOSUART JUNIOR ARTURO**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico, sustentan la tesis titulada “**CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN LA CASCARILLA DE CHENOPODIUM QUINOA WILLD (QUINUA) VARIEDADES AMARILLA MARANGANÍ Y BLANCA JUNÍN EXTRAÍDAS POR EL MÉTODO DE MACERACIÓN HIDROALCOHÓLICA**”, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual;

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado de Sustentación y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **DIECISIETE (17)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 30 de junio de 2021.

Se dio por concluida la sustentación a las 16:56 horas del día 23 de enero del año en curso.

Ing. Dra. SANEZ FALCON LIDA CARMEN  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Mg. RODRIGUEZ VILCHEZ RICARDO  
SECRETARIO DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Lic. Mg. CABRERA ARISTA CESAR  
MIEMBRO DE JURADO DE SUSTENTACIÓN

Ing. Dra. AVELINO CARHUARICRA CARMEN GILDA  
ASESORA DE JURADO DE SUSTENTACIÓN



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
XI CICLO DE TESIS  
JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

***“Año del Bicentenario, de la Consolidación de nuestra Independencia, y de la Conmemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho”***

**INFORME Nº 001-2024-JS-XICT-FIQ**

DE : Ing. Dra. SANEZ FALCON LIDA CARMEN  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN  
XI CICLO DE TESIS – FIQ

PARA : Ing. Dr. CALDERON CRUZ JULIO CESAR  
DECANO - FIQ

ASUNTO : LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES

FECHA : Bellavista, 11 DE MARZO DE 2024

---

Me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y a su vez comunicarle que al haberse visto y revisado las observaciones formuladas por el Jurado de Sustentación del XI Ciclo de Tesis FIQ a la Tesis titulada **“CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN LA CASCARILLA DE *CHENOPODIUM QUINOA WILLD* (QUINUA) VARIEDADES AMARILLA MARANGANÍ Y BLANCA JUNÍN EXTRAÍDAS POR EL MÉTODO DE MACERACIÓN HIDROALCOHÓLICA”** presentado por los bachilleres señorita **APOLINARIO VASQUEZ SARA ANGELICA** y señor **CAMPOS PALACIN YOSUART JUNIOR ARTURO** de la Facultad de Ingeniería Química, el Jurado de Sustentación da su conformidad respecto al levantamiento de observaciones para que continúe con los trámites respectivos.

Atentamente.

---

**Ing. Dra. SANEZ FALCON LIDA CARMEN**  
PRESIDENTE DE JURADO DE SUSTENTACIÓN  
XI CICLO DE TESIS – FIQ

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

A nuestros padres, por ser los pilares más importantes y por demostrarnos siempre su cariño y apoyo incondicional. A nuestros familiares, por apoyarnos a lo largo de toda nuestra carrera universitaria y nuestra vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a nuestra Alma Mater, la Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química, por brindarnos los conocimientos y habilidades necesarias para nuestro crecimiento profesional. Asimismo, por la disposición de sus instalaciones para el desarrollo de nuestra tesis.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	5
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema .....	11
1.2.1. Problema general .....	11
1.2.2. Problemas específicos .....	12
1.3. Objetivos.....	12
1.3.1. General.....	12
1.3.2. Específicos.....	12
1.4. Justificación .....	12
1.5. Delimitantes de la investigación.....	13
1.5.1. Teórica.....	13
1.5.2. Temporal.....	13
1.5.3. Espacial .....	14
II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. Antecedentes de la investigación.....	15
2.1.1. Internacionales.....	15
2.1.2. Nacionales.....	16
2.2. Bases teóricas .....	19
2.2.1. Quinoa .....	19
2.2.2. Saponinas.....	27
2.2.3. Saponinas de la quinua .....	30
2.2.4. Métodos de extracción de saponinas.....	31
2.2.5. Métodos de cuantificación de saponinas .....	32
2.3. Marco conceptual .....	35
2.3.1. Extracción sólido - líquido .....	35

2.4.	Definición de términos básicos .....	36
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	38
3.1.	Hipótesis.....	38
3.1.1.	Operacionalización de variable .....	38
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	40
4.1.	Diseño metodológico .....	40
4.2.	Método de investigación .....	42
4.2.1.	Etapa 1: Recolección de muestra .....	43
4.2.2.	Etapa 2: Preparación de las muestras .....	44
4.2.3.	Etapa 3: Extracción maceración hidroalcohólica.....	46
4.2.4.	Etapa 4: Análisis cualitativo .....	47
4.2.5.	Etapa 5: Método afrosimétrico (Método de espuma) .....	47
4.2.6.	Etapa 6: Prueba espectrofotometría UV/VIS.....	48
4.3.	Población y muestra .....	48
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	48
4.5.	Técnicas e Instrumentos para la recolección de información.....	49
4.5.1.	Técnicas.....	49
4.5.2.	Instrumentos.....	61
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	62
4.7.	Aspectos éticos en investigación .....	62
V.	RESULTADOS .....	63
5.1.	Resultados descriptivos.....	63
5.1.1.	Análisis cualitativo.....	63
5.1.2.	Cuantificación de saponinas por el método afrosimétrico .....	65
5.1.3.	Cuantificación de saponinas por análisis espectrofotométrico UV/VIS	67
5.2.	Resultados inferenciales.....	71
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	75
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	76
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes .....	78
VII.	CONCLUSIONES .....	79

VIII. RECOMENDACIONES.....	80
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS .....	88
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	89
Anexo 2: Informe de ensayo de espectrofotometría UV/VIS .....	90
Anexo 3: Curva estándar de saponinas .....	94
Anexo 4: Certificado de acreditación SLAB PERÚ .....	95
Anexo 5: Evidencias fotográficas.....	96
Anexo 6: Uso del programa Minitab 19 .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Requisitos bromatológicos de los granos de quinua (base seca) .....	20
<b>Tabla 2</b>	Producción, superficie y rendimiento de la quinua en el Perú.....	21
<b>Tabla 3</b>	Clasificación taxonómica de la quinua.....	22
<b>Tabla 4</b>	Variedades comerciales de quinua y sus características .....	24
<b>Tabla 5</b>	Composición química - quinua amarilla Maranganí .....	25
<b>Tabla 6</b>	Composición química de la variedad de quinua blanca Junín .....	26
<b>Tabla 7</b>	Operacionalización de variable.....	39
<b>Tabla 8</b>	Número de tratamientos experimentales .....	41
<b>Tabla 9</b>	Preparación y etiquetado de muestras .....	52
<b>Tabla 10</b>	Prueba de Salkowski en variedad amarilla Maranganí .....	63
<b>Tabla 11</b>	Prueba de Salkowski en variedad blanca Junín.....	64
<b>Tabla 12</b>	Prueba de Abisch en variedad amarilla Maranganí.....	64
<b>Tabla 13</b>	Prueba de Abisch en variedad blanca Junín.....	65
<b>Tabla 14</b>	Altura de la espuma formada variedad amarilla Maranganí.....	65
<b>Tabla 15</b>	Altura de la espuma formada variedad blanca Junín .....	66
<b>Tabla 16</b>	Porcentaje saponinas quinua amarilla Maranganí (M. afrosimétrico) 67	
<b>Tabla 17</b>	Porcentaje saponinas quinua blanca Junín (M. afrosimétrico).....	67
<b>Tabla 18</b>	Resultados análisis espectrofotométrico quinua amarilla Maranganí	68
<b>Tabla 19</b>	Resultados análisis espectrofotométrico quinua blanca Junín.....	69
<b>Tabla 20</b>	Concentración de saponinas según datos experimentales.....	70
<b>Tabla 21</b>	Análisis de varianza .....	71
<b>Tabla 22</b>	Análisis de Coeficientes .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Fases fenológicas de la quinua .....	23
<b>Figura 2</b>	Grano de la variedad de quinua amarilla Maranganí.....	25
<b>Figura 3</b>	Color de grano de la variedad de quinua blanca Junín .....	26
<b>Figura 4</b>	Estructura general de una saponina .....	30
<b>Figura 5</b>	Estructura de la $\beta$ -amirina.....	31
<b>Figura 6</b>	Curva de calibración del método espectrofotométrico UV/VIS.....	34
<b>Figura 7</b>	Diagrama de flujo de la extracción y cuantificación de saponinas.....	42
<b>Figura 8</b>	Selección de cascarilla de quinua amarilla Maranganí.....	43
<b>Figura 9</b>	Selección de cascarilla de quinua blanca Junín.....	43
<b>Figura 10</b>	Muestra seleccionada de cascarilla de quinua amarilla Maranganí .	44
<b>Figura 11</b>	Muestra seleccionada de cascarilla de quinua blanca Junín.....	44
<b>Figura 12</b>	Tamizado de muestras .....	45
<b>Figura 13</b>	Molienda y tamizado de muestras .....	46
<b>Figura 14</b>	Muestras tamizadas malla N°200 .....	46
<b>Figura 15</b>	Medición de grado de alcohol.....	49
<b>Figura 16</b>	Etanol 35% y 50% .....	50
<b>Figura 17</b>	Pesado de muestra de relación 1/9 v/v.....	51
<b>Figura 18</b>	Pesado de muestra de relación 1/13 v/v.....	51
<b>Figura 19</b>	Preparación y etiquetado de muestras .....	53
<b>Figura 20</b>	Etiquetado de muestras.....	53
<b>Figura 21</b>	Prueba de Salkowski variedad amarilla Maranganí.....	54
<b>Figura 22</b>	Prueba de Salkowski variedad blanca Junín.....	55
<b>Figura 23</b>	Prueba de Abisch variedad amarilla Maranganí.....	56
<b>Figura 24</b>	Prueba de Abisch variedad blanca Junín.....	56
<b>Figura 25</b>	Método afrosimétrico de cascarilla de quinua amarilla Maranganí ....	58
<b>Figura 26</b>	Método afrosimétrico de cascarilla de quinua blanca Junín .....	58
<b>Figura 27</b>	Viraje color rojo vino (reactivo LB y muestra de saponina) .....	60
<b>Figura 28</b>	Diagrama de pareto de efectos estandarizados.....	73
<b>Figura 29</b>	Gráfica de efectos principales para concentración de saponinas.....	73

**Figura 30** Diagrama de interacción para concentración de saponinas .....74

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar cuál de las variedades de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinua) amarilla Maranganí o blanca Junín, presenta una mayor concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica, para lo cual se tomó como muestra el residuo del escarificado de quinua proveniente de la provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac. La metodología utilizada fue experimental a nivel de laboratorio usando el método de extracción sólido – líquido, trabajándose en tres niveles de concentración de etanol 0%V/V, 35%V/V, 50%V/V y en dos niveles de relación masa/volumen (cascarilla/solvente) 1/9 g/ml y 1/13 g/ml, todas las muestras se trabajaron a temperatura ambiente y con un tiempo de maceración de 72 horas. La concentración de saponinas se cuantificó utilizando el método de la espuma y el método de espectrofotometría UV/VIS. Los resultados muestran que la mayor concentración de saponinas cuantificadas por el primer método fue de 2.0056 mg/ml en la variedad amarilla Maranganí y 0.2066 mg/ml en la variedad blanca Junín, mientras que por el segundo método la mayor concentración fue de 47.71 mg/ml en la variedad amarilla Maranganí y 6.16 mg/ml en la variedad blanca Junín. Se concluyó que la cascarilla de quinua variedad amarilla Maranganí contiene 47.71 mg de saponinas/ml extracto, siendo mayor que la concentración en la variedad blanca Junín, estos valores fueron los que obtuvieron el mayor rendimiento de extracción a condiciones de 35%V/V de etanol y con una relación masa/volumen de 1/9 g/ml.

**Palabras clave:** Saponinas, quinua, maceración hidroalcohólica.

## ABSTRACT

The objective of this work was to determine which of the varieties of *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa) yellow Marangani or white Junín, has a higher concentration of saponins extracted by the hydroalcoholic maceration method, for which the residue of scarified quinoa from the province of Andahuaylas, department of Apurímac, was taken as a sample. The methodology used was experimental at the laboratory level using the solid-liquid extraction method, working at three levels of ethanol concentration 0%V/V, 35%V/V, 50%V/V and at two levels of mass ratio. /volume (husk/solvent) 1/9 g/ml and 1/13 g/ml, all samples were worked at room temperature and with a maceration time of 72 hours. The concentration of saponins was quantified using the foam method and the UV/VIS spectrophotometry method. The results show that the highest concentration of saponins quantified by the first method was 2.0056 mg/ml in the yellow variety Marangani and 0.2066 mg/ml. ml in the Junín white variety, while by the second method the highest concentration was 47.71 mg/ml in the Marangani yellow variety and 6.16 mg/ml in the Junín white variety. It was concluded that the Marangani yellow variety quinoa husk contains 47.71 mg of saponins/ml extract, being higher than the concentration in the Junín white variety, these values were those that obtained the highest saponin extraction at conditions of 35% V/V of ethanol and with a mass/volume ratio of 1/9 g/ml.

**Keywords:** Saponins, quinoa, hydroalcoholic maceration.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de esta tesis radica en el aprovechamiento de la cascarilla de la quinua que se obtiene como desecho durante el proceso de escarificado de éste, cuya disposición final en el mejor de los casos son los recolectores municipales, mientras que otra parte es quemada y/o vertida en ríos cercanos a las zonas de producción, constituyéndose en un riesgo para el medio ambiente y la salud de los seres vivos debido al desconocimiento de su grado de toxicidad [1].

El agente presente en la cascarilla es la saponina, la que en una determinada concentración produce problemas de absorción de nutrientes, por lo que sería conveniente aprovecharla de acuerdo a su composición, ya que pueden ser utilizadas para elaborar otros productos con este principio activo. Es conocido que ambas variedades presentan porcentajes de saponinas considerables luego del proceso de su tratamiento, lo que hace suponer que la cascarilla podría también tener un alto contenido de estas saponinas y en ese caso ser utilizadas como materia prima para la obtención de otros productos como detergentes, plaguicidas, insecticidas, etc.

Por ello, en la presente tesis se plantea extraer la mayor cantidad de saponinas en la cascarilla de dos diferentes variedades de quinua de nuestro país, la amarilla Maranganí y la blanca Junín, utilizando el método de extracción hidroalcohólica para luego ser cuantificadas mediante la espectrofotometría UV/VIS.

# I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción de la realidad problemática

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), una planta de la familia Chenopodiaceae, es originaria de la Región Andina, América del Sur. Hoy en día, la quinua se cultiva en todo el mundo, debido al alto valor nutricional de las semillas y su extraordinaria adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas [1]. Durante las últimas décadas, la producción de quinua comenzó a aumentar de manera constante para lo cual la producción y el consumo aumentaron exponencialmente ganando una creciente atención a nivel mundial, no solo por sus propiedades nutricionales y funcionales, sino también por su capacidad para ser cultivada en condiciones climáticas adversas [2].

En todo el mundo, se producen aproximadamente 200 mil millones de toneladas de residuos de origen vegetal, gran parte de esta materia orgánica no es comestible para humanos y animales, lo que representa una fuente de contaminación ambiental [3], dentro de estos residuos encontramos a las cáscaras de quinua que se descartan, principalmente debido a su sabor astringente asociado con un alto contenido de saponina. Las cáscaras de quinua son entonces un subproducto abundante que puede valer la pena valorizar como fuente de saponinas bioactivas [4].

El descascarado de la quinua puede producir aproximadamente entre un 8 y un 12 % de la cáscara, que a menudo se desecha debido al contenido de saponina amarga [5]. Las saponinas de quinua se concentran en la cáscara exterior del grano y se eliminan antes del consumo para reducir el sabor amargo, y este depende de la variedad de quinua: las llamadas quinuas “dulces” contienen cantidades más bajas de saponinas que las quinuas “amargas”, éstas últimas muestran más resistencia a las plagas y se cultivan más ampliamente [6].

Por otro lado, las saponinas son el principal factor anti nutricional de las semillas de quinua, su contenido permite distinguir las variedades de quinua como dulces (<0,11%) o amargas (>0,11%) [7]. Dentro de la industria alimentaria, específicamente en el proceso de escarificado de la quinua, la cascarilla resulta ser parte de los desechos que no tienen ningún valor agregado representado un alto riesgo de contaminación, en muchos de los casos estos residuos son desechados en los recolectores municipales, quemados y/o vertidos en ríos cercanos a la zona de producción, desconociendo su grado de toxicidad y el daño medioambiental que provoca, debido a su alto contenido.

En el Perú la producción de quinua sigue en continuo aumento, se ha reportado que desde el 2011 al 2020 la producción de quinua creció a una tasa interanual de 10,4%, como resultado, principalmente, del incremento de áreas instaladas (7,4%), más que por el incremento de los rendimientos (2,7%) [8]. Este crecimiento acelerado ha generado que exista un mayor incremento de los residuos derivados del procesamiento de la obtención de la quinua como producto. Dentro de los residuos podemos destacar a la cascarilla de la quinua la cual se caracteriza por poseer un alto contenido de saponinas, generando un riesgo e incremento de la contaminación ambiental, por lo que es necesario conocer las concentraciones de las saponinas en las variedades de quinua amarilla Maranganí y blanca Junín.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál de las variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*): amarilla Maranganí o blanca Junín presentan mayor concentración de saponinas en su cascarilla al ser extraídas por el método de maceración hidroalcohólica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) amarilla Maranganí extraída por el método de maceración hidroalcohólica?

- ¿Cuál es la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) blanca Junín extraída por el método de maceración hidroalcohólica?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Determinar cuál de las variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), amarilla Maranganí o blanca Junín, presenta una mayor concentración de saponinas en su cascarilla al ser extraídas por el método de maceración hidroalcohólica.

#### **1.3.2. Específicos**

- Determinar la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) amarilla Maranganí extraída por el método de maceración hidroalcohólica.

- Determinar la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) blanca Junín extraída por el método de maceración hidroalcohólica.

### **1.4. Justificación**

El estudio se justifica desde el punto de vista teórico, social, económico y ambiental; respecto a la parte teórica la investigación se justifica porque

permitirá generar reflexión y debate académico sobre la cuantificación de saponinas en la cascarilla de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa) en las variedades amarillas Maranganí y blanca, visto de ese modo la presente investigación es de gran relevancia ya que a través de la nueva metodología que se pretende cuantificar las saponinas, conllevara a reducir los índices de contaminación en el ambiente, en lo concerniente a la parte social el estudio se justifica porque esta investigación al utilizar estos residuos evitamos su toxicidad en el ambiente reduciendo los daños de la salud de la población, en ese sentido con la nueva reutilización de los productos derivados de las saponinas serán importantes para la población ya que a partir de estos residuos se lograran obtener nuevos productos indispensables para la sociedad en general; en lo referente a la parte económica el estudio se justifica porque a los residuos derivados de la quinua se le dará un valor agregado beneficiando al sector que se dedica a este rubro; en lo referente a la parte ambiental el estudio se justifica porque permitirá al reutilizar los residuos de la cascarilla de quinua con el objetivo de reducir los índices de contaminación donde se realiza el procesamiento de la quinua ya que estos residuos serán utilizados de una manera más eficiente.

## **1.5. Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1. Teórica**

Para la presente investigación se contó con fuentes de información suficientes sobre las teorías de transferencia de masa específicamente en la extracción sólido-líquido de saponinas y para la cuantificación de las mismas se consideró el análisis afrosimétrico y el análisis instrumental, específicamente la espectrofotometría UV/VIS.

### **1.5.2. Temporal**

El presente trabajo de investigación se realizó en un periodo de 12 meses. Aun cuando la cosecha de la quinua es anual, los residuos de cascarilla de ésta

pueden conseguirse durante todo el año en diferentes zonas de la serranía peruana.

### **1.5.3. Espacial**

La presente investigación se realizó en el laboratorio de investigación, desarrollo e innovación de la FIQ UNAC y la cuantificación de las saponinas se realizó en el laboratorio externo de ensayo e investigación SLAB PERÚ (Laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C.).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Internacionales

En la investigación denominada “Estudio para la extracción y purificación de saponinas a partir del mojuelo de quinua como una posible alternativa a la disponibilidad de tensoactivos de origen natural”, tuvo como finalidad determinar los efectos de manera individual en los factores experimentales y combinación óptima del rendimiento de extracción de saponina empleando una matriz Taguchi L9. Utilizaron etanol al 40%(V/V), 48h de maceración y relación de masa de mojuelo/volumen de solvente igual a 1/15 para el método de maceración. De acuerdo a los resultados del autor, concluyó que el factor que presenta la mayor influencia para extraer saponinas en la técnica de maceración fue la relación solvente/masa. [9]

En el artículo “Método afrosimétrico para cuantificación de saponinas en Quinua *Chenopodium Willd* de Colombia”, compararon 3 métodos afrosimétrico: estándar (MAE), modificado (MAM) y rápido (MAR), en el que obtuvieron el método afrosimétrico estándar como el método más eficiente, destacando que la quinua de la variedad amarilla Maranganí fue clasificada con el más alto contenido de saponinas superior al 0.11% como amarga, entre un rango de 1.5 y 1.9 mg de saponinas/g de semillas, alto nivel de confiabilidad de 0.98 y a una altura de espuma entre 6.9 y 8.5 cm. Por los resultados obtenidos de los autores utilizaremos el método afrosimétrico estándar para la cuantificación de las saponinas en la cascarilla de la quinua porque es el más eficaz entre todos los tipos de métodos afrosimétrico. [10]

En el artículo “Obtención de un plaguicida orgánico a partir de la saponina del mojuelo de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*)”, obtuvieron un plaguicida orgánico, dándole un valor agregado al residuo del escarificado de la quinua. Se

realizó la extracción de saponinas del escarificado de la quinua por el método de maceración hidroalcohólica utilizando 1 litro de solución relación 1:1 de agua - etanol al 96% a T=20°C en 250 g de mojuelo durante 100 horas. De acuerdo a los parámetros utilizados por los autores, concluimos que, al pasar las 96 horas de tiempo de maceración hidroalcohólica, la disolución se puede sobresaturar, por lo tanto, en nuestra investigación trabajaremos con un tiempo de maceración constante de 72 horas. [11]

En el trabajo de investigación “Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) como inhibidoras de hongos fitopatógenos”, para realizar la cuantificación de concentración de saponinas de los residuos de la quinua, el autor empleó el método de espectrofotometría UV/VIS, en el que preparó 5 concentraciones de saponinas %V/V (ml extracto de saponinas/ ml agua destilada) a 37.5%, 50%, 75%, 87.5% y 100% que reaccionaron con el reactivo de Libermann – Burchard tornando de color púrpura a color rojo vino. Luego en el equipo espectrofotómetro UV/VIS, se leyó la absorbancia de las concentraciones de las saponinas a una longitud de onda de 528 nm, obteniendo como resultados las absorbancias de 2.578, 3.840, 4.432, 4.464 y 4.495 respectivamente a cada concentración mencionada anteriormente, la absorbancia del reactivo de Liebermann-Burchard 0.094 y la absorbancia de extracto acuoso de saponinas sin el reactivo 1.595. Las concentraciones de saponinas obtenidas fueron entre 0.191 hasta 0.610 mg/ml. Por los resultados obtenidos, el autor concluyó que para cuantificar las saponinas de los residuos por el método espectrofotometría se debe trabajar a una longitud de onda de 528 nm ya que se obtiene los mayores resultados de absorbancias. [12]

### **2.1.2. Nacionales**

En la tesis denominada “Influencia de la temperatura y concentración de etanol en el tratamiento del residuo del escarificado de quinua variedad Hualhuas

(*Chenopodium quinoa Willd*) por extracción sólido-líquido para la recuperación de saponina”, tuvieron como objetivo determinar la influencia de la temperatura y concentración de etanol, utilizando como método de extracción la maceración hidroalcohólica en dos niveles de temperatura (25°C y 50°C) y dos niveles de concentración de etanol (50%V/V y 60%V/V). De los resultados que obtuvieron los autores, concluyeron que la concentración de etanol influye significativamente en el tratamiento del residuo escarificado de la quinua por extracción sólido – líquido en una recuperación de saponina a un 95% del nivel de confianza. [13]

En la tesis “Extracción de saponinas obtenidas a partir de las hojas de *Baccharis Emarginata* para la elaboración de un champú biodegradable”, cita al autor Galindo et al. 1989 mencionando que la concentración de saponinas por el método afrosimétrico (espuma) se mide por la altura de la espuma que presenta cada muestra, considerando las siguiente escalas: altura menor de 5 mm como prueba negativa, altura de 5 – 9 mm como contenido bajo, altura de 10 -14 mm como contenido moderado y altura mayor de 15 mm como contenido alto. Teniendo como resultado sus alturas más altas de espuma con los parámetros de extracción por maceración hidroalcohólica con el tiempo de maceración de 72 horas y concentraciones agua: etanol 50% y 70%. Por los mejores resultados del autor, concluimos que, para poder obtener las mayores alturas de espuma de saponinas en nuestras muestras de cascarilla de quinua, trabajaremos a 72 horas de maceración hidroalcohólica. [14]

En el trabajo de investigación “Aprovechamiento de la saponina residual de *Chenopodium quinoa* del proceso de escarificación para la obtención de un bioinsecticida”. Se realizó la recolección de 10 Kg de polvo residual del escarificado de los granos de quinua. Obtuvo 4 muestras para la extracción de saponinas por el método de maceración hidroalcohólica empleando la solución Etanol/agua. Dentro de sus parámetros del método de maceración hidroalcohólica se consideró la relación del polvo residual/volumen del etanol m/v

1/9, asimismo para la relación etanol/agua en 0%, 25%, 50% y 75% con un tiempo de maceración de 72 horas, en el que tuvieron como resultado que todos los ensayos se logró identificar saponinas de manera visual por la altura mayor a 2 mm de la espuma a excepción de la relación etanol/agua 75% que no presentó reacción en la mortalidad de insectos. Por los mejores resultados obtenidos del autor, consideramos las concentraciones de etanol/ agua hasta 50%. [15]

En la tesis de investigación “Obtención de saponina de la corteza de quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante extracción hidroalcohólica”, tuvieron como objetivo extraer las saponinas a partir de los residuos de la quinua de la variedad Pasankalla con mezclas etanol y agua utilizando el equipo Soxhlet, las condiciones de extracción de las saponinas se basaron bajo un diseño experimental factorial, para conocer el contenido de saponina se utilizó los métodos de espuma y espectrofotométrico UV/VIS. De esta investigación concluyeron que las condiciones óptimas de extracción de saponina en la cascarilla de la quinua son a menor tamaño de partícula (diámetro medio menor a 200  $\mu\text{m}$ ), con una relación de 20 ml de solvente por cada gramo de mojuelo y utilizando una mezcla de etanol/agua al 50% obteniendo un rendimiento de extracción de 75.75%. [16]

En la tesis denominada “Comportamiento de once variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en condiciones de Costa Central – La Molina”, identificaron el potencial de producción y la calidad de las diferentes variedades de quinua en la costa central. Dentro de sus datos de identificación obtenidos, determinaron el contenido de saponinas por el Método Afrosimétrico en el grano de la quinua, los porcentajes de saponinas de las once variedades de quinua que evaluó estuvieron en el rango de 0.00 a 1.069, siendo así el de la variedad amarilla Maranganí de 0.129 y la variedad blanca Junín 0.076. [17]

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un grano alimenticio originario de los antes peruanos y de la región andina de América del Sur. Es una planta que alcanza un tamaño de 0.5 a 3.0 m de altura, dependiendo del genotipo y de las condiciones ambientales. Las semillas de la quinua contienen la mayor parte del valor alimenticio, sus pequeños gránulos tienen entre 1.8 y 2.2 mm de diámetro de diferentes colores: blanco, café, amarillo, rosado, gris, rojo y negro. [18]

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es una de las especies domesticadas y cultivadas en el Perú desde épocas prehispanicas (más de cinco mil años). La cuenca del Lago Titicaca es la zona considerada como el principal centro de origen de la quinua y el centro de conservación de la mayor diversidad biológica de esta especie, en la cual existen sistemas ingeniosos de cultivo y una cultura alimentaria que incorpora el grano a la digestión diaria. [19]

De acuerdo al estudio realizado por Instituto Nacional de Calidad [20], la calidad de los granos de quinua se mide de acuerdo a los siguientes requisitos:

- Requisitos organolépticos: Color, olor y sabor característico del producto.
- Aspecto: Debe responder a un grado de homogeneidad respecto a las otras características organolépticas.
- Requisitos bromatológicos: Los requisitos bromatológicos que deben cumplir los granos de quinua, según el informe de Kuramoto *et al.* [21], como se especifica en la tabla 1.

**Tabla 1***Requisitos bromatológicos de los granos de quinua (base seca)*

Requisitos	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo	Método de ensayo
Humedad	%	-	13.5	AOAC 945.15
Proteínas	%	10	-	AOAC 992.23
Cenizas	%	-	3.5	AOAC 945.38
Grasa	%	4.0	-	AOAC 945.38-920.39 E
Fibra bruta	%	3.0	-	AOAC 945.38-962.09 E
Carbohidratos	%	65	-	Determinación indirecta por la diferencia de 100 en %
Saponinas	%	Ausencia		Método de espuma

Fuente: NTP 205.062 (2009)

**A. La cascarilla de la quinua.** Las saponinas forman parte de diversos metabolitos en donde se encuentra principalmente la cáscara o cascarilla de la quinua que son extraídas de las semillas de muchas variedades del producto en estudio. Es el principal factor anti nutricional de las semillas que según su contenido permiten distinguir entre lo dulce o amargo. [22]

La cáscara constituye en un promedio de 8 – 12 % de la cosecha total y en el proceso post cosecha donde se separa entre el 7 – 10 %, en muchos procesos industriales la cáscara es desechada por ser considerada desperdicio. [22]

**B. Producción y comercialización de quinua en el Perú.** En el Perú la quinua ha sido cultivada desde épocas prehispánicas, teniendo una variedad genética ya que existe una variación de 3 mil ecotipos de quinua, en el instituto de innovación agraria (INIA) conserva en un promedio de 2 mil tipos. La ventaja de la quinua es que al ser nativa tiene un mejor uso del sistema hídrico. Entre los cultivables tenemos: Quillahuamán Illia Salcieda, Illpa, INIA 415 Pasankalla, INIA 420 Negra Collana, INIA 427 Amarilla Sacaca, INIA 431 Altiplano, INIA433 Santa Ana. [23]

Uno de los procesos más importantes en la producción, es lo referido a la extracción y la limpieza del grano, para poder trillarlo, dejarlo sin ninguna

impureza y retirar la saponina. La quinua trillada es procesada en una planta determinada que generalmente se encuentra ubicada en las ciudades más cercanas a Lima, de donde salen tradicionalmente los embarques y exportaciones. En el 2014 la producción de quinua fue de 114.7 toneladas, y en el 2019 alcanzó una producción de 89.8 mil toneladas. Para el año 2014 la producción en la costa fue de cultivos más tecnificados y con altos rendimientos y una adecuada calidad. [23]

En la tabla 2 se observa la disminución del rendimiento de la producción y siembra del grano en el Perú:

**Tabla 2**

*Producción, superficie y rendimiento de la quinua en el Perú*

<b>Año</b>	<b>Producción</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>2015</b>	105,666	69,303	1,525
<b>2016</b>	79,269	64,223	1,234
<b>2017</b>	78,657	61,721	1,274
<b>2018</b>	86,738	65,787	1,320
<b>2019</b>	89,775	65,280	1,380
<b>2020</b>	97,057	66,584	1,458
<b>Var % 18/17</b>	9.3 %	4.8 %	4.4 %
<b>Var % 19/18</b>	3.5 %	-0.8 %	4.5 %

Fuente: MIDAGRI (2020)

**C. Clasificación taxonómica.** Huamán y Shuan [16], explican que la quinua es una planta herbácea de producción anual y su tamaño tiene una variación de 1 m a 3.5 m. según las diferentes variedades, sus características la sitúan con la planta de tallo erguido y por su ramificación se puede presentar en zona de altiplano. La forma de sus hojas es variada y sus bordes son dentados pudiendo ser leves o pronunciados, su coloración varía de verde claro a verde oscuro según sea el estado de maduración.

Según Mancilla [24], la clasificación taxonómica de la quinua se muestra

según la tabla 3.

**Tabla 3**

*Clasificación taxonómica de la quinua*

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>REINO</b>	<i>Vegetal</i>
<b>DIVISIÓN</b>	<i>Fanerógamas</i>
<b>CLASE</b>	<i>Dicotiledóneas</i>
<b>ORDEN</b>	<i>Angiospermas</i>
<b>FAMILIA</b>	<i>Chenopodiáceas</i>
<b>GENERO</b>	<i>Chenopodium</i>
<b>SECCIÓN</b>	<i>Chenopodia</i>
<b>SUBSECCIÓN</b>	<i>Cellulata</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>Chepondium Quinoa Willd</i>

Fuente: Mancilla (2019)

**D. Fases fenológicas de la quinua.** En el artículo de Zingaretti *et al.* [25], señala que la importancia del uso de la escala fenológica permite referir la observación y prácticas del manejo de cultivo.

Las principales fases fenológicas de la quinua son [25]:

**a. Emergencia.** La plántula emerge del suelo y extiende las dos hojas cotiledonales, esto ocurre a los 7 a 10 días de la siembra.

**b. Crecimiento vegetativo.** La aparición de dos hojas verdaderas ocurre a los 15-20 días después de la siembra. En este estado la planta muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas.

**c. Ramificación.** Aproximadamente a los 45 - 50 días desde la siembra se pueden observar ocho hojas verdaderas extendidas y una extensión de las hojas axilares hasta el tercer nudo.

**d. Inicio del panojamiento.** Ocurre aproximadamente de los 55 a 60 días después de la siembra. Se puede ver el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas, se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo.

e. **Panojamiento.** La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman. Esto ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

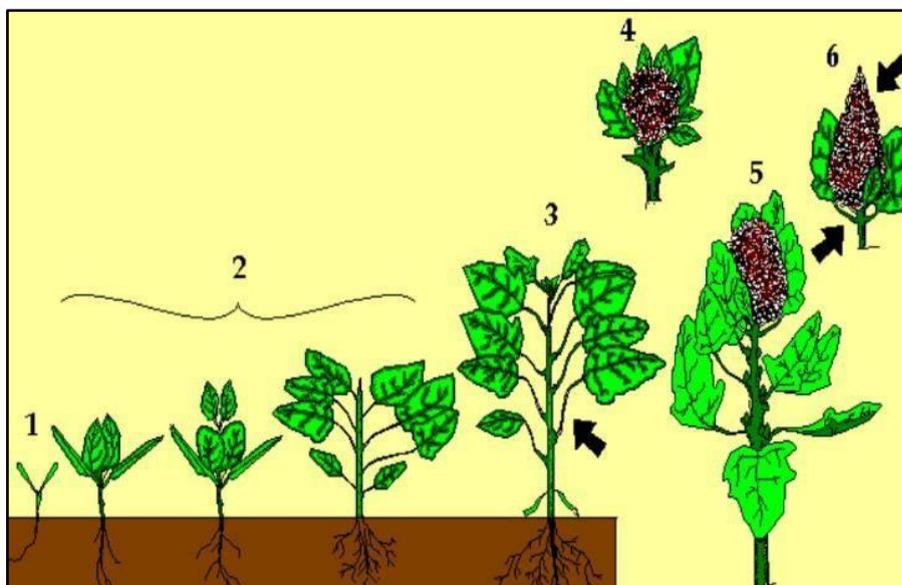
f. **Inicio de floración.** La flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres; ocurre a los 75-80 días de la siembra.

g. **Antesis o floración.** El 50% de las flores de la panoja se encuentran abiertas (debe observarse a medio día), esta fase ocurre de los 90 a los 100 días después de la siembra.

h. **Madurez fisiológica.** Al presionar el fruto con la uña, éste presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra. El tiempo comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano.

## Figura 1

*Fases fenológicas de la quinua*



Nota: La figura muestra las fases de crecimiento de la quinua, 1. Emergencia 2. Crecimiento vegetativo 3. Ramificación 4. Inicio Panojamiento 5. Panojamiento 6. Inicio de Floración. Fuente: Zingaretti et al. (2015)

E. **Variedades de quinua.** En el Perú existen veintiún variedades comerciales de quinua de diferentes características y propiedades, las cuales se

producen en distintas zonas del interior del país, generalmente en el altiplano y valles interandinos, a condiciones climáticas especiales de temperatura y presión. Dichas variedades se listan en la tabla 4. [26]

**Tabla 4**

*Variedades comerciales de quinua y sus características*

Nombre de la variedad	Efusión de saponina	Color de pericarpio	Color de epispermo	Tamaño de grano	Zonas de producción
INIA 433 Santa Ana/AIQ/FAO	Nada	Crema	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 431 Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Costa
INIA 427 Amarilla Sacaca	Mucha	Amarillo	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 420 Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño	Altiplano
INIA 415 Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano	Altiplano
Illpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interamericanos
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interamericanos
<i>Amarilla Maranganí</i>	<i>Mucha</i>	<i>Anaranjado</i>	<i>Blanco</i>	<i>Grande</i>	<i>Valles Interamericanos</i>
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño	Altiplano
<i>Blanca de Junín</i>	<i>Regular</i>	<i>Crema</i>	<i>Blanco</i>	<i>Mediano</i>	<i>Valles Interamericanos</i>
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Huacariz	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interamericanos
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interamericanos
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano	Valles Interamericanos
Kankolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interamericanos
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interamericanos
Rosada de Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Rosada de Yanamango	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interamericanos

Fuente: Apaza et al. (2013)

**a. Amarilla Maranganí.** Es una variedad de origen peruano de la región de Puno, de periodo vegetativo tardío de 180 a 200 días. Se desarrolla de 800 a

3500 m.s.n.m. Su potencial productivo es de 2500 Kg/ha. Su grano es de color amarillo como se muestra en la figura 2 y de tamaño de 2 a 2.2 mm de diámetro, de sabor semidulce a amargo. [27]

### Figura 2

*Grano de la variedad de quinua amarilla Maranganí*



Fuente: Apaza et al. (2013)

En la tabla 5 se puede visualizar la composición química de la variedad de quinua amarilla Maranganí.

### Tabla 5

*Composición química – quinua amarilla Maranganí*

<b>Análisis/Muestra</b>	<b>Amarilla Maranganí</b>
Humedad (g/100 g)	10.80
Proteína (g/100 g)	11.24
Grasa (g/100 g)	6.20
Cenizas (g/100 g)	3.14
Fibra dietética (g/100 g)	5.98
Carbohidratos (g/100 g)	62.64
Energía (Kcal/100 g)	375

Fuente: IICA (2015)

**b. Blanca Junín.** Es una variedad propia de la región central del Perú. Se cultiva intensamente en la zona del Valle de Mantaro. También ha sido

introducida con éxito en Antapampa, Cusco. Es de grano blanco y de tamaño mediano, como se observa en la Figura 3. Su periodo vegetativo es de 180 a 200 días. Su rendimiento es de 2500 Kg/ha. [27]

### Figura 3

*Color de grano de la variedad de quinua blanca Junín*



Fuente: Apaza et al. (2013)

En la tabla 6 se puede visualizar la composición química de la variedad de quinua blanca Junín.

### Tabla 6

*Composición química de la variedad de quinua blanca Junín*

<b>Análisis/Muestra</b>	<b>Blanca Junín</b>
Humedad (g/100 g)	10.90
Proteína (g/100 g)	13.50
Grasa (g/100 g)	7.11
Cenizas (g/100 g)	2.90
Fibra dietética (g/100 g)	5.28
Carbohidratos (g/100 g)	60.31
Energía (Kcal/100 g)	380

Fuente: IICA (2015)

### 2.2.2. Saponinas

Las saponinas constituyen un amplio grupo de heterósidos muy frecuentes en los vegetales. Se caracterizan por sus propiedades tenso-activas: se disuelven en agua formando soluciones espumosas. Su nombre proviene de la planta del género *Saponaria*, cuya raíz se utilizó como jabón, justamente de esto se deriva el nombre de estas sustancias ya que en latín “sapo” significa jabón. [28]

Hostettmann y Marston [29] definen a las saponinas como glucósidos de alto peso molecular que consisten de una azúcar ligada a un núcleo policíclico.

La definición clásica de “saponina” se basa en sus propiedades tensoactivas, formando en agua espumas estables. Esto hace que presenten actividad hemolítica, sean tóxicas para los peces y además de tener un sabor amargo. Sin embargo, estas propiedades no son comunes a todas las saponinas y no se pueden utilizar para definir lo que es una “saponina”. Entre los vegetales más comunes que contienen saponinas se encuentran las espinacas, espárragos, remolacha, leguminosas, especialmente la soja, y los brotes de alfalfa. La saponina más importante presente en la alfalfa es el 3  $\beta$ -O-triglucósido del ácido medicagénico. Entre las plantas que contienen saponinas y son utilizadas medicinalmente están las dioscóreas, agaves, Liliáceas (*Smilax*), castaño de Indias, regaliz, rusco, Hiedra, *saponaria*, ginseng y palo de jabón entre otros. [28]

#### A. Clasificación

a. **Saponinas triterpénicas.** Las sapogeninas triterpénicas están ampliamente distribuidas en el reino vegetal y se presentan en 3 estructuras químicas diferentes (30-45 carbonos): acíclicas como el escualeno, considerado como el precursor natural de esta familia: tetracíclicas como el panaxadiol y pentacíclicas como la estallogenina. Estas sustancias pueden presentarse en sus fuentes naturales: en forma libre, formando ésteres, o como parte de un glicósido (saponina). Las sapogeninas pentacíclicas se subdividen a su vez en 3

grupos: tipo lupano; tipo ursano (derivado de la  $\alpha$  amirina), ambos no están presentes en los forrajes y los de tipo oleanano (derivados de la  $\beta$  amirina) presentes en estos últimos. [30]

**b. Saponinas esteroidales.** Las saponinas esteroidales derivan de un esqueleto hexacíclico de 27 átomos de carbono, que es el núcleo espirostano. Algunas de estas saponinas son de gran interés e importancia por su relación con compuestos como las hormonas sexuales, cortisona, esteroides diuréticos, vitamina D y heterósidos cardíacos. Por este motivo, algunos son utilizados como material de partida para la síntesis de estos compuestos. En este sentido, destaca el uso de la diosgenina, saponina que se obtiene, principalmente a partir de las partes subterráneas de distintas especies de lianas herbáceas tropicales del género *Dioscorea*. Para intereses industriales su contenido de diosgenina debe de superar el 3 %, también se usa mucho la hecogenina, que es un saponósido idéntico a la diosgenina. [31]

Las saponinas esteroidales se encuentran por lo general en familias de la clase monocotiledónea, como son: Liliacea (*Agavaceae*), *Dioscoreaceae* y *Amaryllidaceae*. En las dicotiledóneas, se les ha encontrado en las familias *Solanaceae* y *Scrophulariaceae*. En el género *Agave* se han identificado varias saponinas como: hecogenina, manogenina, yucagenina, agavogenina, sarsapogenina, texogenina, esmilagenina, gitogenina, tigogenina y clorogenina. [32]

**B. Estructura.** Las saponinas están formadas por una aglicona policíclica unida a una o más cadenas laterales de azúcares. La aglicona, o porción no sacárida de la molécula de saponina se denomina sapogenina o genina, y puede ser un esteroide, o un alcaloide esteroidal o un triterpeno. La capacidad de formación de espuma de las saponinas es causada por la combinación de la sapogenina hidrófoba y un azúcar hidrófilo. [29]

**C. Propiedades.** Según el artículo de Lozano *et al.* [33], las saponinas tienen una coloración blanca amarillenta y su apariencia es como de un polvo fino, que por lo general provoca irritaciones nasales. Entre las propiedades más importantes tenemos:

- Su propiedad surfactante, debido a su capacidad de romper la tensión superficial del agua generando burbujas, y espuma estable que es una propiedad importante para su uso como detergente.
- Actividad antimicrobiana e insecticida, citotóxica-antitumoral, toxicidad en peces, moluscos, etc. Además de ser expectorante, antitusígeno, antiinflamatorio, antioxidante y antiulcérico.
- Actividad hemolítica, tienen la capacidad de romper eritrocitos de la membrana celular, cuyo resultado es la ruptura de la membrana causando un incremento en la permeabilidad y un daño en la hemoglobina.

**D. Aplicaciones comerciales.** Para la aplicación se tiene en cuenta las siguientes actividades como: Bioquímica, hemolítica, fungicida, alelopática, insecticida y molusquicida, además se puede usar en vacunas. Es por eso que se usa en diferentes ámbitos de la industria. Evidentemente las saponinas tienen una manera notable de activar el sistema inmune de los mamíferos, lo que conlleva a ser un adyuvante de vacunas. Las saponinas forman complejos con esteroides de membrana eritrocitaria, produciendo un aumento en la permeabilidad y por efecto la disminución de la hemoglobina. [16]

También se usa como molusquicida natural orgánico, sin ningún daño para humanos, animales y el medio ambiente, su aplicación se efectúa en cultivos de arroz para eliminar caracoles, su finalidad es garantizar una cosecha de calidad. Como consiguiente se puede usar como pesticida y plaguicida en polvo. Su principal propiedad es como surfactante lo que quiere decir que es un agente espumante que se puede utilizar para la elaboración de champú con la finalidad de ayudar a eliminar la caspa, así como también barras de jabón, detergente para lavar ropas sin perjudicar el color y su brillo, manteniendo su

tamaño. [16]

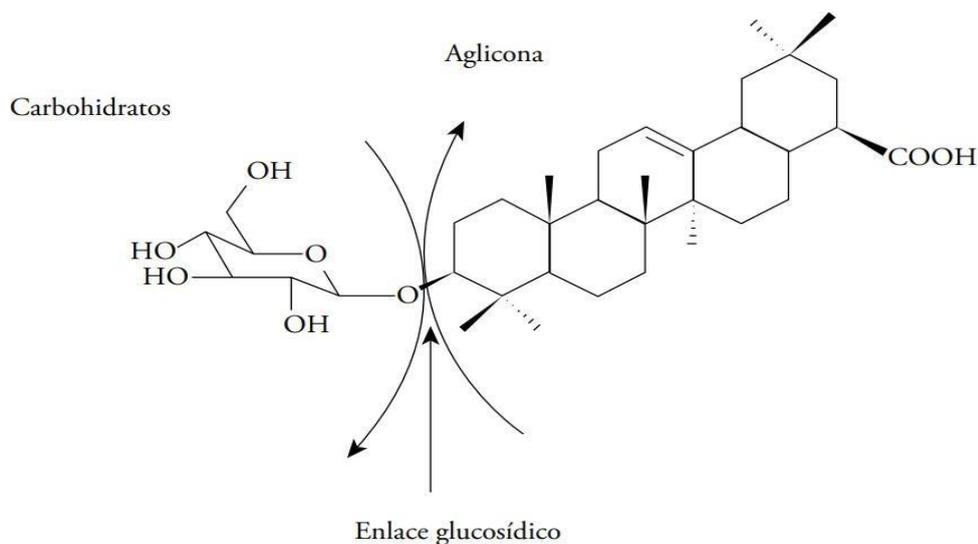
**E. Importancia de las saponinas.** La importancia de las saponinas es que pueden utilizarse en los rubros de la industria farmacéutica y cosmética. Tienen posee propiedades biológicas que hacen que cumpla funciones como antioxidantes, antifúngicas, antibacterianas, etc. [10]

### 2.2.3. Saponinas de la quinua

Ahumada *et al.* [7], las saponinas son metabolitos secundarios que constituyen a una gran familia de compuestos que están constituidos por terpenoide o esteroidal, más conocidos como aglicona o sapogenina, sustituidos por oligosacáridos a través de enlaces glucosídicos que les confieren un carácter anfifílico como se puede mostrar en la figura 4.

#### Figura 4

*Estructura general de una saponina.*



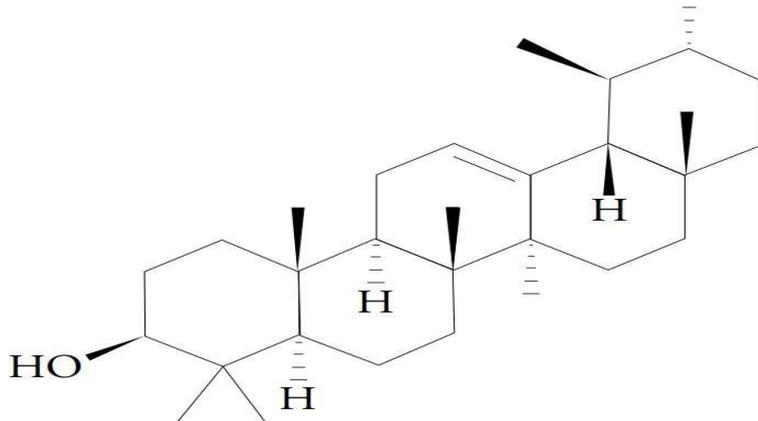
Fuente: Ahumada *et al.* (2016)

Las saponinas de quinua reportan al menos 30 saponinas distribuidas en todas las partes de la planta, tales como las hojas, flores, semillas, frutos y

cáscara de la semilla. Estructuralmente son derivados de la  $\beta$ -amirina según la figura 5:

### Figura 5

Estructura de la  $\beta$ -amirina



Fuente: Ahumada *et al.* (2016)

#### 2.2.4. Métodos de extracción de saponinas

Para Prado [34], las saponinas deben eliminarse del grano de la quinua para hacerla apta para el consumo. El método tradicional de extracción es mediante maceración en agua sin darle uso al agua residual.

**A. Extracción por maceración hidroalcohólica.** Es un proceso de extracción sólido – líquido donde la materia prima (cascarilla de la quinua) tiene compuestos solubles en el líquido de extracción que al ser remojados pueden ser extraídos de forma eficaz determinado por la solubilidad y la difusión efectiva. Hemos elegido este método de extracción de saponinas de la cascarilla de la quinua por ser la técnica más sencilla y rentable, siendo atractivo para futuras investigaciones que deseen extraer saponinas a gran escala y darles un valor agregado a dichas soluciones (extractos), ya sea como insecticida u otros productos.

**B. Extracción por Soxhlet.** Es una extracción sólido-líquido, es decir es la acción de separar con un líquido una parte de la muestra, dejando el restante

lo más íntegro posible. Este método consiste en extraerlo molido y pesado, en un cartucho que se introduce en la cámara de extracción. El proceso se repite hasta conseguir un agotamiento del material. [16]

**C. Extracción por microondas.** Esta extracción ha sido utilizada en compuestos biológicos después de haber pasado por diferentes materiales. El tiempo de extracción oscila entre los 20 o 30 minutos, en principio porque se calienta el solvente extraído y no el recipiente que lo contiene. Usa disolventes orgánicos en volúmenes de 20 y hasta 50 ml. [35]

**D. Extracción asistida por ultrasonido.** Este método proporciona alta eficiencia en contacto con la muestra entre la matriz y el disolvente. El efecto de cavitación es producto de la baja de la irradiación del ultrasonido ocasionando una presión negativa. La constante expansión y compresión genera colapso en las paredes celulares aumentando la temperatura y disminuyendo la viscosidad. [36]

**E. Extracción con alta presión.** Es una técnica innovadora ya que la extracción se realiza con líquidos presurizados, empezando a desarrollar como una alternativa convencional de extracción de muchas áreas, como lo es el medio ambiente, alimentos, análisis farmacéuticos, fitoquímicos. Estas extracciones se harán con agua, alcoholes con bajo peso molecular. Las altas temperaturas disminuyen la viscosidad del disolvente líquido, lo que permitirá una mejor penetración a la misma matriz y generando debilidad al soluto. [16]

#### **2.2.5. Métodos de cuantificación de saponinas**

**A. Método afrosimétrico (Ensayo de espuma).** Este método trata sobre la correlación entre la altura de la espuma y el contenido de saponinas. Su objetivo se basa en la propiedad de las saponinas de disminuir la tensión superficial del agua y lograr que se forme espuma estable. Para realizar su

cálculo de cuantificación de saponinas se utilizaron las siguientes ecuaciones:  
[10]

$$Y = 2.154X + 0.455 \quad (1)$$

$$X = \frac{Y-0.455}{2.154} \quad (2)$$

$$Z(\%) = \frac{X}{W} * 100 \quad (3)$$

Donde:

Y: altura de espuma en cm

X: mg de saponina en 5ml de solución acuosa

Z: porcentaje de saponina en la muestra

La concentración de saponinas se mide por la altura de la espuma que presenta cada muestra, considerando las siguientes escalas [14]:

- Altura menor de 5 mm = Prueba negativa
- Altura de 5 - 9 mm = contenido bajo
- Altura de 10 -14 mm = contenido moderado
- Altura mayor de 15 mm = contenido alto

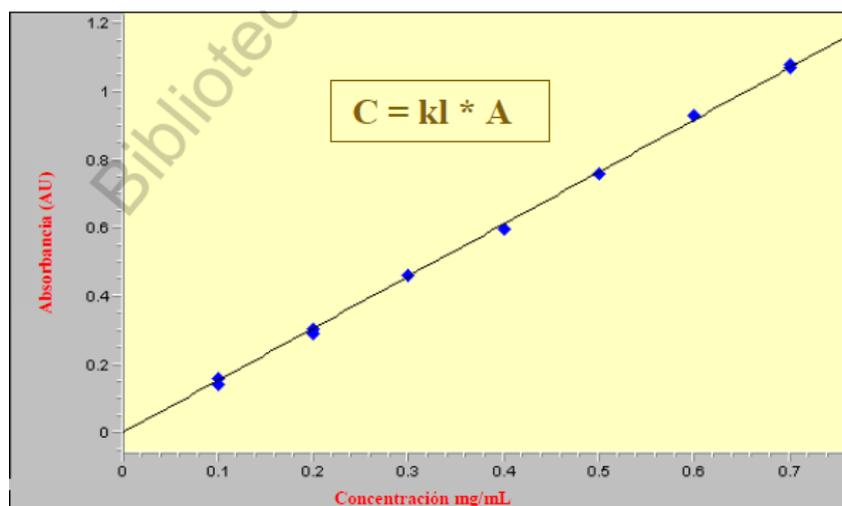
El tiempo que tiene que permanecer la espuma en la muestra debe ser mayor a 2 min para ser considerada como válida. [15]

**B. Método espectrofotometría UV/VIS.** Es un método sencillo de operar, se utiliza el reactivo de Libermann – Burchard en el que se usa el ácido sulfúrico o ácido perclórico como agente oxidante, reacciona con el color púrpura. [13] Este reactivo de color, que es una mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico en relación de 1:5, reacciona con la presencia de las saponinas,

generando el color vino tinto diluido con absorción máxima ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) de 528 nm [37]. Además, el viraje del color del reactivo de Libermann-Burchard con saponinas presenta un color verde y azul cuando son saponinas esteroidales y color rosado, violeta o rojo cuando se trata de saponinas triterpénicas [12]. La relación de la muestra con reactivo de Libermann – Burchard es de 1:3.5. Con los datos que se obtienen del análisis estadístico con este método espectrofotométrico, se realiza una curva de calibración entre las concentraciones de saponinas y absorbancia que se compara con una curva patrón que se aproxima a una línea recta. [37]

**Figura 6**

*Curva de calibración del método espectrofotométrico UV/VIS*



Fuente: Marrufo (2019)

**C. Caracterización por cromatografía de capa fina (CCF).** Es un método de separación fisicoquímico, se lleva a cabo sobre la capa delgada del material granular, su aplicación será en la superficie ya sea como manchas o bandas a lo largo de la línea base. Luego de haber colocado la cromatoplaaca dentro de una cámara cerrada que contiene un solvente adecuado (fase móvil), se efectuará la separación de migración capilar. Normalmente la distancia que se deja correr el disolvente es de aproximadamente 10 cm. [31]

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Extracción sólido – líquido**

El método empleado para la extracción de las saponinas de la cascarilla de la quinua fue mediante un proceso de vía húmeda, la maceración hidroalcohólica, el cual consiste en la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido, en nuestro caso el etanol.

El éxito de una extracción y la técnica que se va a utilizar dependen con mucha frecuencia de cualquier tratamiento anterior que se le pueda dar al sólido. En algunos casos, las pequeñas partículas del material soluble están completamente rodeadas de una matriz de materia insoluble, entonces, el disolvente se debe difundir en la masa y la solución resultante se debe difundir hacia el exterior antes de poder lograr una separación. La trituración y molienda de estos sólidos acelerará bastante la acción de extracción, porque las porciones solubles son entonces más accesibles al disolvente. [38] Para nuestra investigación se utilizó muestras provenientes de los residuos originados durante el trillado mecanizado de las panojas, este procedimiento se realizó en los campos de cultivo posterior a la cosecha, dichos residuos tenían un tamaño de partícula variable, por ello, previo a la extracción se realizó el tamizado y molienda de las muestras hasta obtener una muestra representativa con un tamaño de partícula menor a la malla N°200 ( $75\mu m$ ) de la serie U.S.A. Standard Testing Sieve bajo la especificación ASTM E-11.

Por lo general se desea realizar la extracción a temperaturas elevadas. Las temperaturas elevadas producen la mayor solubilidad del soluto en el disolvente y, en consecuencia, concentraciones finales mayores en el licor de extracción. A temperaturas elevadas la viscosidad del líquido es menor y mayores las difusividades; esto incrementa la rapidez del proceso. En el caso de algunos productos naturales, como las remolachas, las temperaturas muy elevadas pueden producir la extracción de cantidades excesivas de solutos

indeseables o de deterioro químico del sólido. [38] Por ello nuestro proceso de extracción se realizó a temperatura ambiente y con un tiempo de maceración de 72h.

Existen varios métodos que se pueden utilizar para la extracción sólido-líquido, las que se pueden agrupar en: extracción por vía húmeda y extracción por vía seca. La extracción por vía húmeda implica someter los granos de quinua a remojo, agitación, enjuague y escurrimiento. Además de ser un método que según la literatura extrae mayor proporción de saponinas que el de la vía seca, es el método utilizado por los agricultores y procesadores de quinua, siendo el solvente utilizado el agua.

Dentro de la extracción por vía húmeda, la maceración con agua es la preferida en este sector, sin embargo, proyectándonos a una extracción con fines de utilizar las saponinas para otros procesos, en esta investigación se trabajará con agua y con mezclas de alcohol/agua.

Con respecto a la cuantificación de las saponinas extraídas de la cascarilla de la quinua, se realizará utilizando el método espectrofotométrico UV/VIS basado en la capacidad de absorción de la radiación electromagnética la cual nos devolverá como lectura la concentración.

#### **2.4. Definición de términos básicos**

**Glucósido.** Los glucósidos son un conjunto de moléculas compuestas por un glúcido (generalmente monosacáridos) y un compuesto no glucídico. Los glucósidos desempeñan numerosos papeles importantes en los organismos vivos. [39]

**Tensoactivo.** Los tensoactivos (también llamados surfactantes) son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases, por ejemplo, dos líquidos insolubles uno en otro. [40]

**Aglicona.** Es el compuesto sin azúcares que queda tras reemplazar por un átomo de hidrógeno el grupo glicosilo de un glucósido. [41]

**Antitusígeno.** Un antitusígeno o antitusivo es un fármaco empleado para tratar la tos seca irritativa, no productiva. [42]

**Escarificado.** Es una técnica que tiene por finalidad abrir o debilitar la cutícula o estructura externa de las semillas. [43]

**Maceración hidroalcohólica.** Proceso de extracción sólido-líquido. [16]. Este proceso implica remojar el material de extracción con un disolvente (etanol, acetona, etc.) dejando reposar a temperatura ambiente durante un tiempo mínimo de 72 horas con la finalidad de ablandar y romper la pared celular del material para liberar los fitoquímicos solubles. [44]

**Quinoa amarilla Maranganí.** Variedad tradicional procedente de la provincia de Canchis-Sicuani, desarrollada a través de selección masal. Planta erecta, poco ramificada, 1.80 m de altura, periodo vegetativo tardío (180-210 días), grano grande color anaranjado 2.5 mm), alto contenido de saponina; potencial de rendimiento de 3500 Kg/ha, susceptible a heladas. [17]

**Quinoa blanca Junín.** Selección masal originaria de la región central del Perú [26]. Seleccionada en Junín. La planta es de color verde con un rango de altura de 1.20 a 1.80 m. ciclo de vida de 160 a 180 días, de grano blanco de tamaño intermedio y semidulce. [17]

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### **General**

Si la concentración de saponinas en la cascarilla de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinoa) variedad amarilla Maranganí es mayor a 0.129% y en la blanca Junín es mayor al 0.076%, entonces la cascarilla de la quinua de la variedad amarilla Maranganí tendrá mayor concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica.

##### **Específicas**

- La concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica de la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) amarilla Maranganí es mayor a 0.129%.
- La concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica de la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la variedad blanca Junín es mayor a 0.076%.

#### 3.1.1. Operacionalización de variable

##### **Variable dependiente**

F(X) = Concentración de saponinas extraídas de la cascarilla de la *Chenopodium quinoa Willd* (quinua).

##### **Variables independientes**

X1 = Cascarilla de la variedad amarilla Maranganí

X2 = Cascarilla de la variedad blanca Junín

**Tabla 7**

*Operacionalización de variable*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Método	Técnica
<b>Dependiente</b>						
Concentración de saponinas extraídas de la cascarilla de la <i>Chenopodium quinoa Willd</i> (Quinua)	Cantidad de heterósidos muy frecuentes en los vegetales que se caracterizan por sus propiedades tenso-activas; se disuelven en agua formando soluciones espumosas (Bruneton, 2021)	Determinación de la mayor concentración de saponinas presentes en la cascarilla de la quinua con la prueba anova factorial considerando los factores relación m/v, concentración de alcohol y variedad de quinua.	Comparación de concentraciones de saponinas de la cascarilla de la quinua entre la variedad amarilla Marangani y la variedad blanca Junín.	Registrar los valores para cada variedad - Mayor > - Menor < - Igual =	Prueba Anova Factorial Software Minitab	Estadística
<b>Independiente</b>						
Cascarilla de la variedad amarilla Marangani	Es la envoltura de color amarillo que envuelve a la semilla de la quinua, es donde se encuentra la mayor cantidad de saponina. (Gutiérrez, 2018)	Medición resultante del espectrofotómetro UV/VIS de la concentración de las saponinas extraídas a partir de la cascarilla quinua de la variedad amarilla Marangani.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extracción de saponinas en la cascarilla de la variedad amarilla Marangani.</li> </ul>	Relación masa de la cascarilla/volumen de alcohol - 1/9 g/ml - 1/13 g/ml Concentración de alcohol/agua (v/v) - 0/100 - 35% - 50%	Maceración hidroalcohólica	Experimental
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentración de saponinas en la cascarilla de la variedad amarilla Marangani.</li> </ul>	<u>mg de saponina</u> g de cascarilla de quinua	Afrosimétrico Espectrofotometría UV/VIS	Instrumental
Cascarilla de la variedad blanca Junín	Es la envoltura de color blanco que envuelve a la semilla de la quinua, es donde se encuentra la mayor cantidad de saponina. (Gutiérrez, 2018)	Medición resultante del espectrofotómetro UV/VIS de la concentración de las saponinas extraídas a partir de la cascarilla quinua de la variedad blanca Junín.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extracción de saponinas en la cascarilla de la variedad blanca Junín.</li> </ul>	Relación masa de la cascarilla/volumen de alcohol - 1/9 g/ml - 1/13 g/ml Concentración de alcohol/agua (v/v) - 0/100 - 35% - 50%	Maceración hidroalcohólica	Experimental
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentración de saponinas en la cascarilla de la variedad blanca Junín.</li> </ul>	<u>mg de saponina</u> g de cascarilla de quinua	Afrosimétrico Espectrofotometría UV/VIS	Instrumental

## IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 4.1. Diseño metodológico

Respecto al diseño de la investigación es de tipo experimental, cuyo objetivo consiste en determinar si existe una diferencia en los resultados entre los diferentes tratamientos del experimento, y, en caso haya respuestas positivas o negativas, hallar esa diferencia [45]. Por el enfoque es cuantitativo porque usa la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico. Y por el nivel es aplicado porque busca resolver de manera directa los problemas de la sociedad o el sector productivo.

Para el diseño se aplicó el factorial completo y aleatorio [46], con tres factores de estudio:

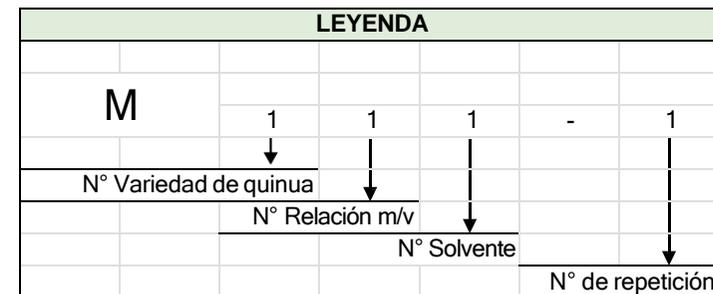
- Variedad con 2 niveles.
- Relación masa/volumen con 2 niveles.
- Relación alcohol/agua con 3 niveles.

El experimento básico está constituido por 12 ( $2 \times 2 \times 3$ ) tratamientos con 3 réplicas cada uno, teniendo un total de 36 unidades experimentales según la tabla 8:

**Tabla 8**

*Número de tratamientos experimentales*

		Relación alcohol/agua									
Variedades	Relación m/v	Solvente 1 0% EtOH/H2O			Solvente 2 35% EtOH/H2O			Solvente 3 50% EtOH/H2O			
		Variedad 1	AMARILLA MARANGANI	Relación 1 1/9 g/ml	M111-1	M111-2	M111-3	M112-1	M112-2	M112-3	M113-1
		Relación 2 1/13 g/ml	M121-1	M121-2	M121-3	M122-1	M122-2	M122-3	M123-1	M123-2	M123-3
Variedad 2	BLANCA JUNÍN	Relación 1 1/9 g/ml	M211-1	M211-2	M211-3	M212-1	M212-2	M212-3	M213-1	M213-2	M213-3
		Relación 2 1/13 g/ml	M221-1	M221-2	M221-3	M222-1	M222-2	M222-3	M223-1	M223-2	M223-3



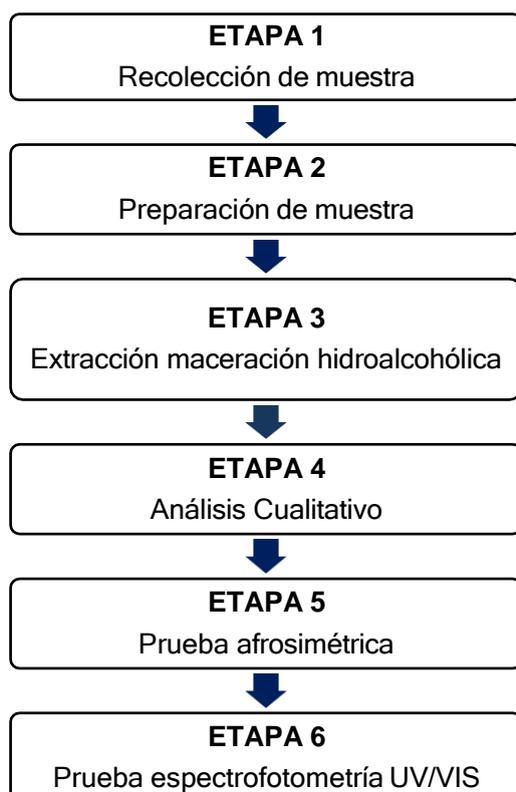
## 4.2. Método de investigación

En lo referente al método de investigación el estudio se caracteriza por ser de método inductivo, en ese contexto el método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales [47], visto de ese modo con el presente estudio busca extraer las saponinas de las cascarillas de quinua por medio del método de maceración hidroalcohólica con el objetivo de darle un valor agregado a los residuos de la cascarilla ya que tienen un alto nivel de saponinas [15].

La metodología que se ha seguido para la obtención de saponina mediante el proceso de extracción sólido-líquido empleando como solvente el etanol, consta de 6 etapas, las cuales se representa en el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 7**

*Diagrama de flujo de la extracción y cuantificación de saponinas*



#### **4.2.1. Etapa 1: Recolección de muestra**

- Se seleccionó 10 Kg de cascarilla de ambas variedades de quinua: amarilla Maranganí y blanca Junín, como se observan en la figura 8 y figura 9.

**Figura 8**

*Selección de cascarilla de quinua amarilla Maranganí*



**Figura 9**

*Selección de cascarilla de quinua blanca Junín*



- Se homogenizó el contenido de cascarilla de quinua (ambas variedades de quinua por separado) sobre el costal que lo contiene. Luego, se realizó el cuarteo de la muestra, es decir, se separó la cuarta parte del contenido sobre otro costal. Se repitió la homogenización y el cuarteo hasta llegar a un aproximado de 2 Kg de muestra de cada variedad de quinua.

- Finalmente, se almacenaron las muestras seleccionadas en dos bolsas herméticas, como se muestran en la figura 10 y figura 11.

#### **Figura 10**

*Muestra seleccionada de cascarilla de quinua amarilla Maranganí*



#### **Figura 11**

*Muestra seleccionada de cascarilla de quinua blanca Junín*



#### **4.2.2. Etapa 2: Preparación de las muestras**

- Una vez obtenido los 2 Kg de cascarilla de quinua de cada una de las variedades, se realizó el tamizado de las dos muestras por separado, para ello se utilizaron los tamices N°18 (1mm), N°35 (500 $\mu$ m), N°50 (300 $\mu$ m) y N°200 (75 $\mu$ m) de la serie U.S.A. Standard Testing Sieve bajo la especificación ASTM

E-11. (Figura 12). La finalidad de utilizar tamices de diferentes tamaños fue para eliminar impurezas que dañen nuestra muestra representativa.

## Figura 12

### Tamizado de muestras



- Finalizado el tamizado, se procedió a moler el rechazo de la malla N°50 y N°200 por separado, para luego volver a tamizar, y así repetidamente (Figura 13), hasta obtener una muestra representativa de 250 g de cada variedad, tal y como se visualiza en la figura 14.

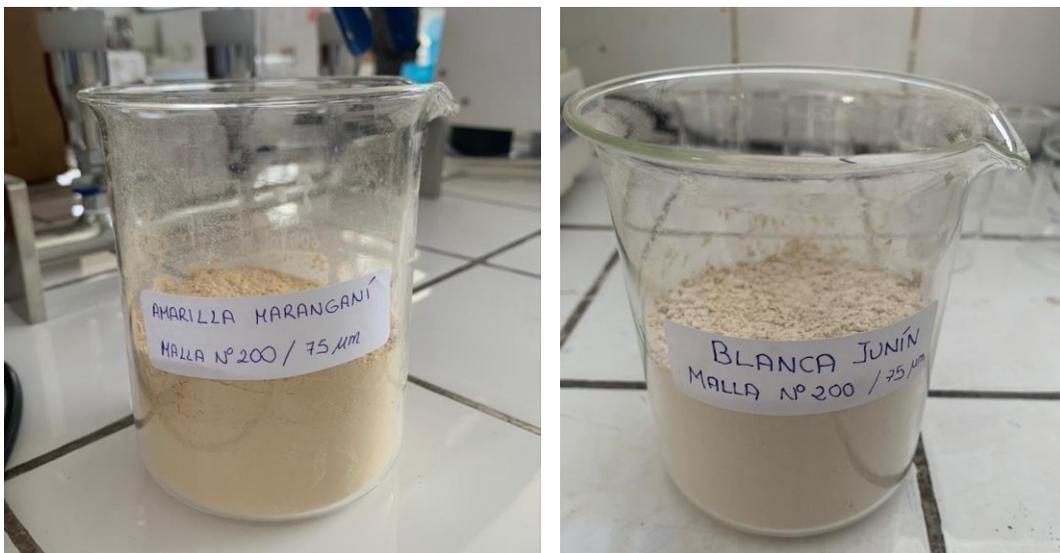
**Figura 13**

*Molienda y tamizado de muestras*



**Figura 14**

*Muestras tamizadas malla N°200*



#### **4.2.3. Etapa 3: Extracción maceración hidroalcohólica**

- Se tomó como base de cálculo de la preparación del solvente la medición realizada del grado del alcohol que contiene el alcohol comercial.
- Se aplicó la fórmula de preparación de soluciones para encontrar las

cantidades de agua destilada y alcohol comercial que se usa para llegar a las concentraciones de solvente propuesto.

- Para la extracción de saponinas por el método de maceración hidroalcohólica se trabajó a temperatura ambiente, basado en que las saponinas pueden sufrir hidrólisis alrededor de los 70°C, y con un tiempo de maceración constante de 72 horas.

#### **4.2.4. Etapa 4: Análisis cualitativo**

- Antes de realizar los análisis cuantitativos, se procedió a identificar cualitativamente la presencia de saponinas en las muestras extraídas por maceración hidroalcohólicas. Para ello, se trabajó con la prueba de Salkowski, que consiste en que, si hay presencia de saponinas, la muestra torna anaranjada.

- Luego, para saber el tipo de saponinas se trabajó con la prueba de Abisch que consiste en la mezcla de ácido sulfúrico y anhídrido acético que da un resultado positivo para saponinas esteroidales si torna color azul y verde, y para saponinas triterpénicas si torna color rojo-anaranjado.

#### **4.2.5. Etapa 5: Método afrosimétrico (Método de espuma)**

- Para el método de espuma se tomó como indicador positivo la altura de la formación de espuma, que debe ser mayor a 2 mm y mantenerse en un tiempo mayor a 2 min. [15]

- Una vez obtenido los resultados positivos de presencia de saponinas, se procede a trabajar los cálculos del análisis cuantitativo de las saponinas por el método de espuma. [10]

#### 4.2.6. Etapa 6: Prueba espectrofotometría UV/VIS

- Para este método cuantitativo, se mezcla el reactivo Libermann – Burchard con las concentraciones de extracto de saponinas. Se determinó la curva de calibración: Absorbancia vs. Concentración, se procedió a leer en el espectrofotómetro las absorbancias de cada muestra patrón y así se obtuvo la ecuación correspondiente para calcular las concentraciones de saponinas en las muestras.

#### 4.3. Población y muestra

**Población:** La quinua de las variedades amarilla Maranganí y blanca Junín son de procedencia del poblado de Huarajojo, distrito de Sucarayllya, Provincia de Andahuaylas, departamento Apurímac. La población considerada fue de 1224.9 toneladas que representa el 10% de la producción total anual 2023 de la quinua cosechada en el departamento de Apurímac [49]. Se consideró el 10% debido a que la cascarilla de la quinua constituye en promedio de 8 - 12% de la cosecha total. [22]

**Muestra:** Para el presente estudio se consideró 10 Kg de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinua) de variedad amarilla Maranganí y 10 Kg de la variedad blanca Junín, de las cuales se consideró para nuestra muestra 250 g de cascarilla de *Chenopodium quinoa Willd* (Quinua) variedad amarilla Maranganí y 250 g de cascarilla de la variedad blanca Junín que fueron expuestas a la extracción de saponinas por el método de maceración hidroalcohólica.

#### 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La investigación se desarrolló en el laboratorio de investigación, desarrollo e innovación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao y en el laboratorio externo de ensayo e investigación SLAB PERÚ

(Laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C.). El periodo que comprende la investigación fue desde el mes de setiembre hasta el mes de noviembre del 2023.

#### 4.5. Técnicas e Instrumentos para la recolección de información

##### 4.5.1. Técnicas

##### A. Método de maceración hidroalcohólica para extracción de saponinas

###### a. Preparación del solvente

- Se utilizó alcohol etílico al 96%, para ello se procedió a medir el grado de alcohol usando el alcoholímetro corroborando su pureza. (Ver figura 15)

#### Figura 15

*Medición de grado de alcohol*



- Se preparó 1L de solvente a una concentración de 35% V/V, para lo cual se mide 437.50 ml de etanol 96%, luego se lleva a una fiola y afora con agua destilada hasta los 1200 ml. (Ver figura 16)

- Se preparó 1L de solvente a una concentración de 50% V/V, para lo cual se mide 625 ml de etanol 96%, luego se lleva a una fiola y afora con agua destilada hasta los 1200 ml. (Ver figura 16)

**Figura 16**

*Etanol 35% y 50%*



***b. Extracción maceración hidroalcohólica***

- Para el método de extracción se utilizó como submuestra 11.11 g de relación 1 (Figura 17) y 7.69 g de relación 2 (Figura 18) de cascarilla de cada variedad de quinua y se colocaron en 36 frascos (unidades experimentales).

**Figura 17**

*Pesado de muestra de relación 1/9 v/v*



**Figura 18**

*Pesado de muestra de relación 1/13 v/v*



▪ Los factores que intervienen en la extracción es la relación masa de la cascarilla de la quinua con el volumen de alcohol (m/v) 1/9 g/ml y 1/13 g/ml, y la relación porcentual de etanol 96% diluido en agua destilada en porcentajes de 0%, 35% y 50% de pureza, durante 72 horas a temperatura ambiente. Se realizó la preparación de cada muestra de acuerdo a la tabla 9.

**Tabla 9**

*Preparación y etiquetado de muestras*

		Concentración de Etanol								
Relación m/v		Solvente 1 0% EtOH/H2O			Solvente 2 35% EtOH/H2O			Solvente 3 50% EtOH/H2O		
Variedad 1	AMARILLA MARANGANI	Relación 1 1/9 g/ml	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla		
			Cantidad Solvente:	100 ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 3		
	<b>M111-1</b>	<b>M111-2</b>	<b>M111-3</b>	<b>M112-1</b>	<b>M112-2</b>	<b>M112-3</b>	<b>M113-1</b>	<b>M113-2</b>	<b>M113-3</b>	
	Relación 2 1/13 g/ml	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla			
Cantidad Solvente:		100 ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 3				
		<b>M121-1</b>	<b>M121-2</b>	<b>M121-3</b>	<b>M122-1</b>	<b>M122-2</b>	<b>M122-3</b>	<b>M123-1</b>	<b>M123-2</b>	<b>M123-3</b>
Variedad 2	BLANCA JUNÍN	Relación 1 1/9 g/ml	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11 g cascarilla		
			Cantidad Solvente:	100 ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 3		
	<b>M211-1</b>	<b>M211-2</b>	<b>M211-3</b>	<b>M212-1</b>	<b>M212-2</b>	<b>M212-3</b>	<b>M213-1</b>	<b>M213-2</b>	<b>M213-3</b>	
	Relación 2 1/13 g/ml	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69 g cascarilla			
Cantidad Solvente:		100 ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100 ml solvente 3				
		<b>M221-1</b>	<b>M221-2</b>	<b>M221-3</b>	<b>M222-1</b>	<b>M222-2</b>	<b>M222-3</b>	<b>M223-1</b>	<b>M223-2</b>	<b>M223-3</b>

**Figura 19**

*Preparación y etiquetado de muestras*



▪ Después de haber macerado por 72 horas (Figura 19), se reservó este extracto (líquido) alcohólico en envases herméticos para su posterior análisis de cuantificación por espectrofotometría UV/VIS en el laboratorio externo SLAB PERÚ. Previo al envío de las muestras a las instalaciones de SLAB PERÚ, se procedió con el etiquetado utilizando el formato enviado por el laboratorio, así como se muestra en la figura 20.

**Figura 20**

*Etiquetado de muestras*



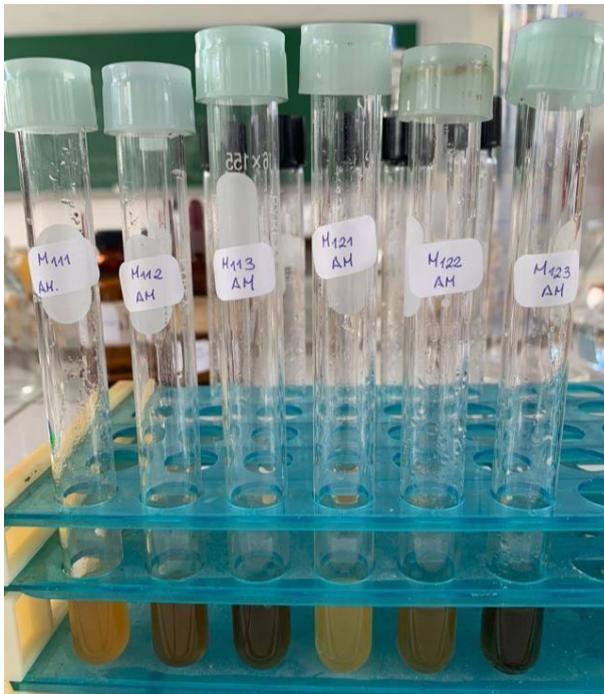
## B. Prueba de Salkowski

- Se trabajó con la prueba de Salkowski, para identificar cualitativamente la presencia de saponinas en las muestras extraídas por maceración hidroalcohólicas.

- Se mezcló 0.1 ml de extracto con 0.1 ml de cloroformo al 99% y 0.1 ml de ácido sulfúrico 96% en tubos de ensayo, con ello si hay presencia de saponinas, la muestra torna anaranjada, así como se visualiza en la figura 21 y figura 22.

### Figura 21

*Prueba de Salkowski variedad amarilla Marangani*



## Figura 22

### *Prueba de Salkowski variedad blanca Junín*

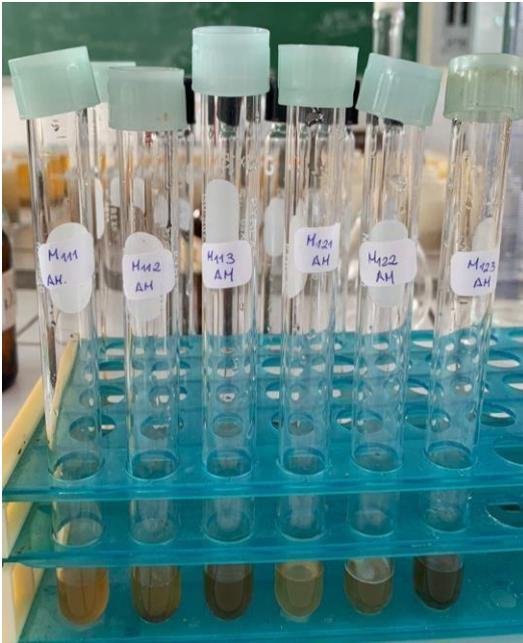


### C. Prueba de Abisch

- Se realizó la prueba de Abisch para identificar el tipo de saponinas que presenta nuestras muestras. Se utilizó la mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico en proporción de 1:1 que al mezclarse con las muestras extraídas de saponinas que da un resultado positivo al estar en presencia de saponinas. Si se trata de saponinas esteroidales se torna color azul y verde, y para saponinas triterpénicas se torna color rojo-anaranjado, así como se visualiza en la figura 23 y figura 24.

**Figura 23**

*Prueba de Abisch variedad amarilla Marangón*



**Figura 24**

*Prueba de Abisch variedad blanca Junín*



#### **D. Cuantificación de saponinas por método afrosimétrico**

- Para esta prueba se siguió el método establecido por Koziol [10] y posteriormente se utilizó la curva de calibración obtenida por Lozano [33], el cual nos permitió calcular la cantidad de saponinas presentes en nuestras muestras de extracto sólido obtenido después de la maceración.

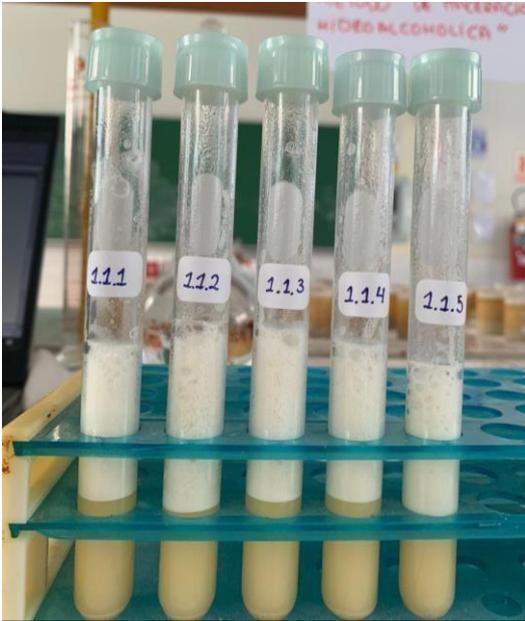
- Se utilizaron 10 tubos de ensayo con tapa rosca de 18 mm de diámetro y se vertieron 5ml de agua destilada en cada tubo, posteriormente se vertieron 50 mg de cascarilla en cada tubo (5 tubos con variedad amarilla Marangani y 5 tubos con variedad blanca Junín).

- Se puso cada tubo en posición vertical y se agitó vigorosamente por 30 segundos, luego se colocó el tubo en una superficie horizontal. Se realizó la primera medición (altura de espuma en cm) luego de transcurridos los 30 segundos de agitación. La segunda medición (altura de espuma en cm) se tomó luego de transcurridos 15 minutos posterior a la agitación.

- Después de la segunda medición, se agitó nuevamente cada tubo por 30 segundos más y se registró nuevamente la altura de espuma a los 30 segundos después de la agitación y luego de 15 minutos de reposo. (Ver figuras 25 y 26)

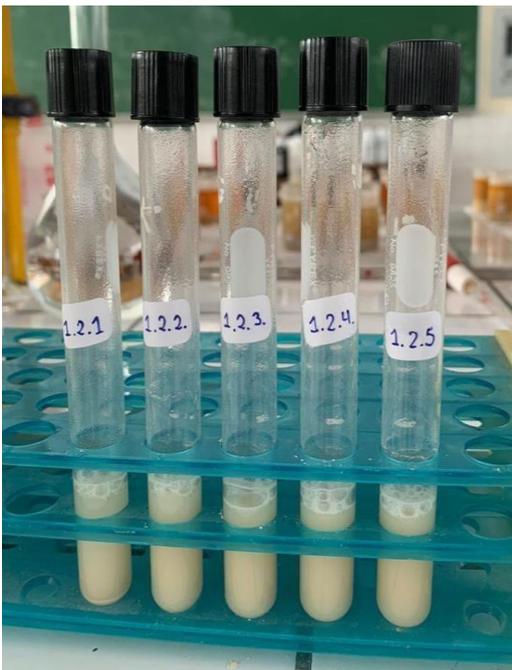
**Figura 25**

*Método afrosimétrico de cascarilla de quinua amarilla Maranganí*



**Figura 26**

*Método afrosimétrico de cascarilla de quinua blanca Junín*



▪ Una vez confirmada la presencia de saponinas en las muestras por las alturas de la formación de espuma, con este dato calcularemos la cantidad de saponinas.

$$Y = 2.154X + 0.455 \quad (1)$$

$$X = \frac{Y-0.455}{2.154} \quad (2)$$

$$Z(\%) = \frac{X}{W} * 100 \quad (3)$$

Donde:

X: mg de saponina en 5ml de solución acuosa

Y: altura de espuma en cm

Z: porcentaje de saponina en la muestra

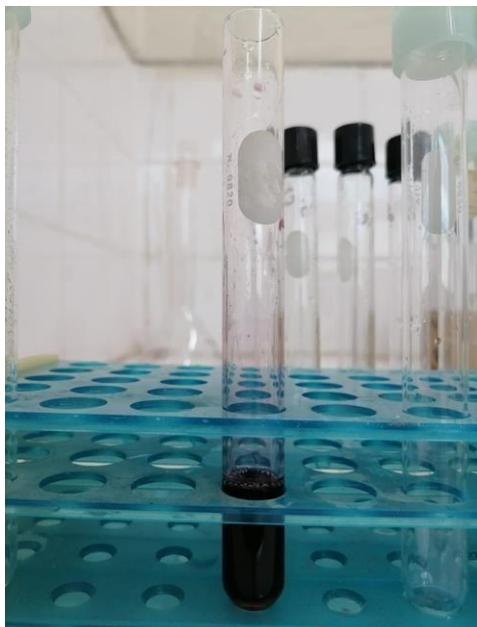
W: mg de muestra en 5ml de solución acuosa

#### **E. Cuantificación de saponinas por el método espectrofotómetro UV/VIS**

- Se preparó las muestras a determinadas concentraciones.
- Se preparó el reactivo de Libermann – Burchard que es una mezcla de proporción 1:5 - 16.7% de anhídrido acético y ácido sulfúrico. Es un reactivo de color púrpura.
- De cada concentración se preparó 2 ml, a los cuales se adicionan 7 ml del reactivo de Libermann – Burchard. Esta adición debe ser lenta ya que la reacción es exotérmica. Cuando hay presencia de saponinas, esta mezcla torna de púrpura de color rojo vino. (Ver figura 27)

## Figura 27

*Viraje color rojo vino (reactivo LB y muestra de saponina)*



- Para controlar la cantidad preparada de reactivo de Libermann – Burchard, se coloca en la refrigeradora el frasco de Erlenmeyer con ácido sulfúrico por algunos minutos y luego se agrega lentamente el volumen de anhídrido acético necesario. Se agita continuamente. Si los reactivos se mezclan al revés, se forman compuestos de color amarillo que puede llegar a ser intenso si no se enfrió adecuadamente. [47]
- Se agitó las mezclas por un periodo de 20 s y se deja en reposo 30 min.
- Se pasó a realizar las lecturas en el espectrofotómetro. La máxima absorción ( $\lambda$  máx) se produjo a una longitud de 528 nm tanto para la curva de calibración y para las muestras.
- Finalmente, para determinó la curva de calibración: Absorbancia vs. Concentración, se procede a leer en el espectrofotómetro las absorbancias de cada muestra patrón y se obtiene como resultado la siguiente ecuación [13]:

$$y = 0.256x - 0.0055 \quad (4)$$

Donde:

$x = \text{concentración } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)$

$y = \text{absorbancia}$

#### **4.5.2. Instrumentos**

##### **Materiales**

- 04 placas Petri
- 04 pipetas
- 04 propipetas
- 02 fioles de 1L
- 04 probetas
- 36 tubos de ensayo
- 02 baguetas
- 01 espátula de metal
- 02 vasos de precipitado de 250ml
- 01 embudo de vidrio
- 40 unidades papel filtro N°42
- 02 bolsas herméticas
- 01 luna de reloj

##### **Equipos:**

- Balanza analítica
- Estufa
- Refrigerador
- Zaranda mecánica
- Equipo Espectrofotometría UV/VIS

##### **Reactivos:**

- Anhídrido acético 97%
- Agua destilada
- Etanol 96%
- Ácido sulfúrico 95-97%
- Cloroformo 99%

▪ Para la cuantificación se utilizó el método espectrofotómetro UV/VIS realizado en el laboratorio externo SLAB PERÚ.

#### **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

El análisis de datos se realizó por medio de la estadística descriptiva, para lo cual se empleó la técnica estadística Anova factorial de 3 factores, usando el software estadístico Minitab 19. Además, se elaboró una curva de concentración con todas las muestras obtenidas para determinar las posibles correlaciones entre las distintas variables de operación.

#### **4.7. Aspectos éticos en investigación**

Los autores de la presente investigación se responsabilizan de los datos recolectados y por la información que se emite como resultado de éste, obtenidos durante su desarrollo.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Análisis cualitativo

Una vez obtenido el extracto líquido de las muestras, escogimos 6 muestras de cada variedad de cascarilla para realizar sus respectivos análisis cualitativo con las siguientes pruebas:

**A. Prueba de Salkowski.** Para realizar esta prueba, tomamos 6 muestras en total al azar, tomando en cuenta una de cada una con respecto a relación m/v y %EtOH/H<sub>2</sub>O.

Según observamos en la figura 21, el viraje de cada muestra fueron tonalidades de color anaranjado, siendo los más oscuros las muestras con 35%etanol. Como todas las muestras presentan tonalidad anaranjada, entonces hay presencia de saponinas en todas las muestras, teniendo como resultado positivo mencionado en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Prueba de Salkowski en variedad amarilla Maranganí*

Variedad Amarilla Maranganí			
Muestra	Relación m/v	%EtOH/H <sub>2</sub> O	Resultado
M111	1/9	0	Positivo
M112	1/9	35	Positivo
M113	1/9	50	Positivo
M121	1/13	0	Positivo
M122	1/13	35	Positivo
M123	1/13	50	Positivo

Según observamos en la figura 22, el viraje de cada muestra fueron tonalidades de color anaranjado, siendo los más oscuros las muestras con 35%etanol. Como todas las muestras presentan tonalidad anaranjada, entonces hay presencia de saponinas en todas las muestras, teniendo como resultado

positivo mencionado en la tabla 11.

**Tabla 11**

*Prueba de Salkowski en variedad blanca Junín*

<b>Variedad Blanca Junín</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Relación m/v</b>	<b>%EtOH/H2O</b>	<b>Resultado</b>
<b>M211</b>	1/9	0	Positivo
<b>M212</b>	1/9	35	Positivo
<b>M213</b>	1/9	50	Positivo
<b>M221</b>	1/13	0	Positivo
<b>M222</b>	1/13	35	Positivo
<b>M223</b>	1/13	50	Positivo

**B. Prueba de Abisch.** Para realizar esta prueba, tomamos 6 muestras en total al azar, tomando en cuenta una de cada una con respecto a relación m/v y %EtOH/H2O.

De acuerdo a la figura 23, el viraje de cada muestra fueron tonalidades de color rojo-anaranjado, entonces el tipo de saponinas en todas las muestras de la variedad de cascarilla de quinua amarilla Maranganí es saponina triterpénica mencionado en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Prueba de Abisch en variedad amarilla Maranganí*

<b>Variedad Amarilla Maranganí</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Relación m/v</b>	<b>%EtOH/H2O</b>	<b>Resultado</b>
<b>M111</b>	1/9	0	Saponina triterpénica
<b>M112</b>	1/9	35	Saponina triterpénica
<b>M113</b>	1/9	50	Saponina triterpénica
<b>M121</b>	1/13	0	Saponina triterpénica
<b>M122</b>	1/13	35	Saponina triterpénica
<b>M123</b>	1/13	50	Saponina triterpénica

De acuerdo a la figura 24, el viraje de cada muestra fueron tonalidades de color rojo-anaranjado, entonces el tipo de saponinas en todas las muestras de la

variedad de cascarilla de quinua blanca Junín es saponina triterpénica mencionado en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Prueba de Abisch en variedad blanca Junín*

<b>Variedad Blanca Junín</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Relación m/v</b>	<b>%EtOH/H<sub>2</sub>O</b>	<b>Resultado</b>
<b>M211</b>	1/9	0	Saponina triterpénica
<b>M212</b>	1/9	35	Saponina triterpénica
<b>M213</b>	1/9	50	Saponina triterpénica
<b>M221</b>	1/13	0	Saponina triterpénica
<b>M222</b>	1/13	35	Saponina triterpénica
<b>M223</b>	1/13	50	Saponina triterpénica

### **5.1.2. Cuantificación de saponinas por el método afrosimétrico**

Luego de medir las alturas de la espuma de las muestras de cascarilla de quinua de ambas variedades, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 14 para la muestra de cascarilla variedad amarilla Maranganí y en la tabla 15 para la muestra de cascarilla variedad blanca Junín.

**Tabla 14**

*Altura de la espuma formada variedad amarilla Maranganí*

<b>Variedad Amarilla Maranganí</b>					
<b>N° de muestra</b>	<b><math>y_1</math>(cm)</b>	<b><math>y_2</math>(cm)</b>	<b><math>y_3</math>(cm)</b>	<b><math>y_4</math>(cm)</b>	<b><math>y_{prom}</math>(cm)</b>
1.1.1	5.10	4.50	5.00	4.40	4.75
1.1.2	5.00	4.50	4.90	4.50	4.73
1.1.3	5.00	4.50	5.10	4.50	4.78
1.1.4	4.80	4.30	5.00	4.40	4.63
1.1.5	5.10	4.40	4.90	4.30	4.68

**Tabla 15***Altura de la espuma formada variedad blanca Junín*

<b>Variedad Blanca Junín</b>					
N° de muestra	$y_1$ (cm)	$y_2$ (cm)	$y_3$ (cm)	$y_4$ (cm)	$y_{prom}$ (cm)
2.1.1	1.00	0.80	1.00	0.80	0.90
2.1.2	0.90	0.70	0.90	0.80	0.83
2.1.3	0.80	0.60	0.90	0.60	0.73
2.1.4	0.90	0.70	0.90	0.70	0.80
2.1.5	0.80	0.60	0.90	0.70	0.75

Mediante las ecuaciones propuestas según el modelo de Koziol [10], determinamos "X" (mg de saponina en 5 ml de solución acuosa) a partir de la altura "Y".

$$Y = 2.154X + 0.455 \quad (1)$$

Desplazamos "X" de la ecuación anterior:

$$X = \frac{Y-0.455}{2.154} \quad (2)$$

Finalmente, calculamos el porcentaje de saponinas utilizando la siguiente ecuación:

$$Z (\%) = \frac{X}{W} * 100 \quad (3) \quad W = 100\text{mg} \quad (4)$$

Donde:

X: mg de saponina en 5 ml de solución acuosa

Y: altura de espuma en cm

Z: porcentaje de saponina en la muestra

W: mg de muestra en 5 ml de solución acuosa

Los resultados de todas las pruebas se muestran en las tablas 16 y 17:

**Tabla 16***Porcentaje saponinas quinua amarilla Maranganí (M. afrosimétrico)*

N° de muestra	$y_{prom}$	x	z (%)	Promedio %
1.1.1	4.75	1.9940	1.9940	
1.1.2	4.73	1.9824	1.9824	
1.1.3	4.78	2.0056	2.0056	1.9754
1.1.4	4.63	1.9359	1.9359	
1.1.5	4.68	1.9591	1.9591	

**Tabla 17***Porcentaje saponinas quinua blanca Junín (M. afrosimétrico)*

N° de muestra	$y_{prom}$	x	z (%)	Promedio %
2.1.1	0.90	0.2066	0.2066	
2.1.2	0.83	0.1718	0.1718	
2.1.3	0.73	0.1253	0.1253	0.1602
2.1.4	0.80	0.1602	0.1602	
2.1.5	0.75	0.1370	0.1370	

### 5.1.3. Cuantificación de saponinas por análisis espectrofotométrico UV/VIS

**A. Curva de calibración.** De las lecturas de absorbancia utilizando los patrones de diferentes concentraciones de saponinas, se genera la siguiente ecuación:

$$y = 0.256x - 0.0055 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9994 \quad (2)$$

Donde:

y: Concentración

x: Absorbancia

Del análisis de las muestras se obtienen los resultados mostrados en las tablas 18 y 19:

**Tabla 18**

*Resultados análisis espectrofotométrico quinua amarilla Maranganí*

<b>N° de muestra</b>	<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
M111-1	Concentración de saponina	mg/ml	14.33
M111-2	Concentración de saponina	mg/ml	10.89
M111-3	Concentración de saponina	mg/ml	15.18
M112-1	Concentración de saponina	mg/ml	47.71
M112-2	Concentración de saponina	mg/ml	38.97
M112-3	Concentración de saponina	mg/ml	46.03
M113-1	Concentración de saponina	mg/ml	42.29
M113-2	Concentración de saponina	mg/ml	35.11
M113-3	Concentración de saponina	mg/ml	32.97
M121-1	Concentración de saponina	mg/ml	13.62
M121-2	Concentración de saponina	mg/ml	10.50
M121-3	Concentración de saponina	mg/ml	11.63
M122-1	Concentración de saponina	mg/ml	26.96
M122-2	Concentración de saponina	mg/ml	16.63
M122-3	Concentración de saponina	mg/ml	24.82
M123-1	Concentración de saponina	mg/ml	25.40
M123-2	Concentración de saponina	mg/ml	25.32
M123-3	Concentración de saponina	mg/ml	22.28

Nota: Los resultados de la tabla es la concentración de las 3 réplicas realizadas.

**Tabla 19***Resultados análisis espectrofotométrico quinua blanca Junín*

<b>N° de muestra</b>	<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
M211-1	Concentración de saponina	mg/ml	3.92
M211-2	Concentración de saponina	mg/ml	1.43
M211-3	Concentración de saponina	mg/ml	1.64
M212-1	Concentración de saponina	mg/ml	4.16
M212-2	Concentración de saponina	mg/ml	3.84
M212-3	Concentración de saponina	mg/ml	3.98
M213-1	Concentración de saponina	mg/ml	3.54
M213-2	Concentración de saponina	mg/ml	6.16
M213-3	Concentración de saponina	mg/ml	4.39
M221-1	Concentración de saponina	mg/ml	1.71
M221-2	Concentración de saponina	mg/ml	2.03
M221-3	Concentración de saponina	mg/ml	1.57
M222-1	Concentración de saponina	mg/ml	3.67
M222-2	Concentración de saponina	mg/ml	3.20
M222-3	Concentración de saponina	mg/ml	3.44
M223-1	Concentración de saponina	mg/ml	2.89
M223-2	Concentración de saponina	mg/ml	5.27
M223-3	Concentración de saponina	mg/ml	4.95

Nota: Los resultados de la tabla es la concentración de las 3 réplicas realizadas.

Finalmente, organizamos la tabla 20 de acuerdo al Diseño Experimental:

**Tabla 20**

*Concentración de saponinas según datos experimentales*

		Concentración de Etanol								
Relación m/v		Solvente 1 0% EtOH/H2O			Solvente 2 35% EtOH/H2O			Solvente 3 50% EtOH/H2O		
Variedad 1 AMARILLA MARANGANI	Relación 1 1/9 g/ml	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla
		Cantidad Solvente:	100	ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 3
		128.983*	98.020*	136.634*	429.433*	350.765*	414.311*	380.648*	316.022*	296.760*
	12.898**	9.802**	13.663**	42.943**	35.077**	41.431**	38.065**	31.602**	29.676**	
	Relación 2 1/13 g/ml	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla
		Cantidad Solvente:	100	ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 3
177.113*		136.541*	151.235*	350.585*	216.255*	322.757*	330.299*	329.259*	289.727*	
17.711**	13.654**	15.124**	35.059**	21.625**	32.276**	33.030**	32.926**	28.973**		
Variedad 2 BLANCA JUNÍN	Relación 1 1/9 g/ml	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla	Cantidad Soluta:	11.11	g cascarilla
		Cantidad Solvente:	100	ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 3
		35.284*	12.871*	14.761*	37.444*	34.563*	35.824*	31.863*	55.446*	39.514*
	3.528**	1.287**	1.476**	3.744**	3.456**	3.582**	3.186**	5.545**	3.951**	
	Relación 2 1/13 g/ml	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla	Cantidad Soluta:	7.69	g cascarilla
		Cantidad Solvente:	100	ml solvente 1	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 2	Cantidad Solvente:	100	ml solvente 3
22.237*		26.398*	20.416*	47.724*	41.612*	44.733*	37.581*	68.531*	64.369*	
2.224**	2.640**	2.042**	4.772**	4.161**	4.473**	3.758**	6.853**	6.437**		

Notas: \*Resultados expresados en mg de saponina/g de cascarilla. \*\*Resultados expresados en porcentaje de saponina.

## 5.2. Resultados inferenciales

Se analizó el comportamiento de las concentraciones de las saponinas de las variedades de cascarilla de quinua usando ANOVA y Minitab versión 19, considerando un nivel de confianza del 95%. Se obtuvieron los resultados de las tablas 21 y 22.

**Tabla 21**

*Análisis de varianza*

<b>Análisis de Varianza</b>				
<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>
Modelo	11	664303	60391	67.87
Lineal	4	584612	146153	164.25
Variedad cascarilla de quinua	1	486314	486314	546.55
Relación m/v	1	820	820	0.92
%Etanol	2	97478	48739	54.78
Interacciones de 2 términos	5	72069	14414	16.20
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v	1	2913	2913	3.27
Variedad cascarilla de quinua*%Etanol	2	62543	31272	35.14
Relación m/v*%Etanol	2	6613	3306	3.72
Interacciones de 3 términos	2	7622	3811	4.28
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v*%Etanol	2	7622	3811	4.28
Error	24	21355	890	
Total	35	685658		
<b>Fuente</b>	<b>Valor p</b>			
Modelo	0.000			
Lineal	0.000			
Variedad cascarilla de quinua	0.000			
Relación m/v	0.347			
%Etanol	0.000			
Interacciones de 2 términos	0.000			
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v	0.083			
Variedad cascarilla de quinua*%Etanol	0.000			
Relación m/v*%Etanol	0.039			
Interacciones de 3 términos	0.026			
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v*%Etanol	0.026			
Error				
Total				

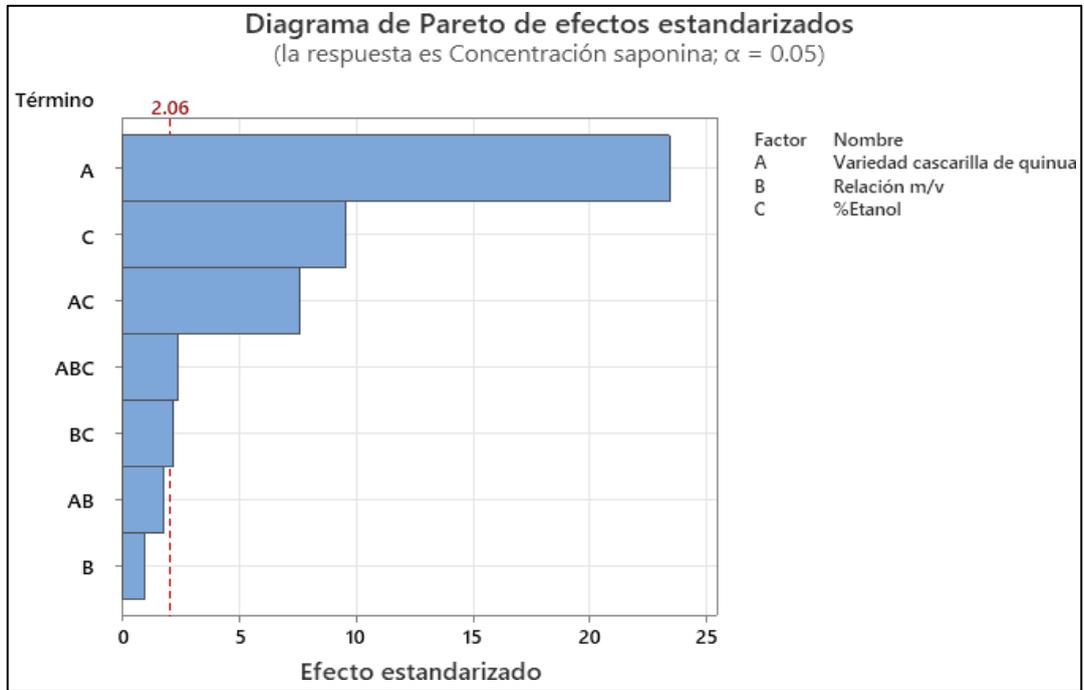
**Tabla 22***Análisis de Coeficientes*

<b>Coeficientes</b>				
<b>Término</b>	<b>Coef</b>	<b>EE del coef.</b>	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
Constante	153.51	4.97	30.88	0.000
Variedad cascarilla de quinua Amarilla Maranganí	116.23	4.97	23.38	0.000
Relación m/v 1/9	4.77	4.97	0.96	0.347
%Etanol 0%	-73.47	7.03	-10.45	0.000
35%	40.32	7.03	5.73	0.000
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v Amarilla Maranganí 1/9	9.00	4.97	1.81	0.083
Variedad cascarilla de quinua*%Etanol Amarilla Maranganí 0%	-58.18	7.03	-8.28	0.000
Amarilla Maranganí 35%	37.29	7.03	5.30	0.000
Relación m/v*%Etanol 1/9 0%	-13.72	7.03	-1.95	0.063
1/9 35%	18.45	7.03	2.62	0.015
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v*%Etanol Amarilla Maranganí 1/9 0%	-16.92	7.03	-2.41	0.024
Amarilla Maranganí 1/9 35%	18.60	7.03	2.65	0.014
<b>Término</b>	<b>FIV</b>			
Constante				
Variedad cascarilla de quinua Amarilla Maranganí	1.00			
Relación m/v 1/9	1.00			
%Etanol 0%	1.33			
35%	1.33			
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v Amarilla Maranganí 1/9	1.00			
Variedad cascarilla de quinua*%Etanol Amarilla Maranganí 0%	1.33			
Amarilla Maranganí 35%	1.33			
Relación m/v*%Etanol 1/9 0%	1.33			
1/9 35%	1.33			
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v*%Etanol Amarilla Maranganí 1/9 0%	1.33			
Amarilla Maranganí 1/9 35%	1.33			

En las tablas 21 y 22 se observa que para el análisis de “Relación m/v” se obtuvo valor  $p = 0.347$  y para la interacción de 2 términos “Variedad cascarilla de quinua\*Relación m/v” se obtuvo el valor de  $p = 0.083$ . El valor de significancia es  $\alpha = 0.05$ . Si el valor  $p > \alpha$ , la hipótesis nula es aceptada. De acuerdo a nuestros resultados, el valor  $p < \alpha$ , por lo tanto, la hipótesis nula es rechazada, esto indica que si hay efecto entre las variables (diferencia de resultados).

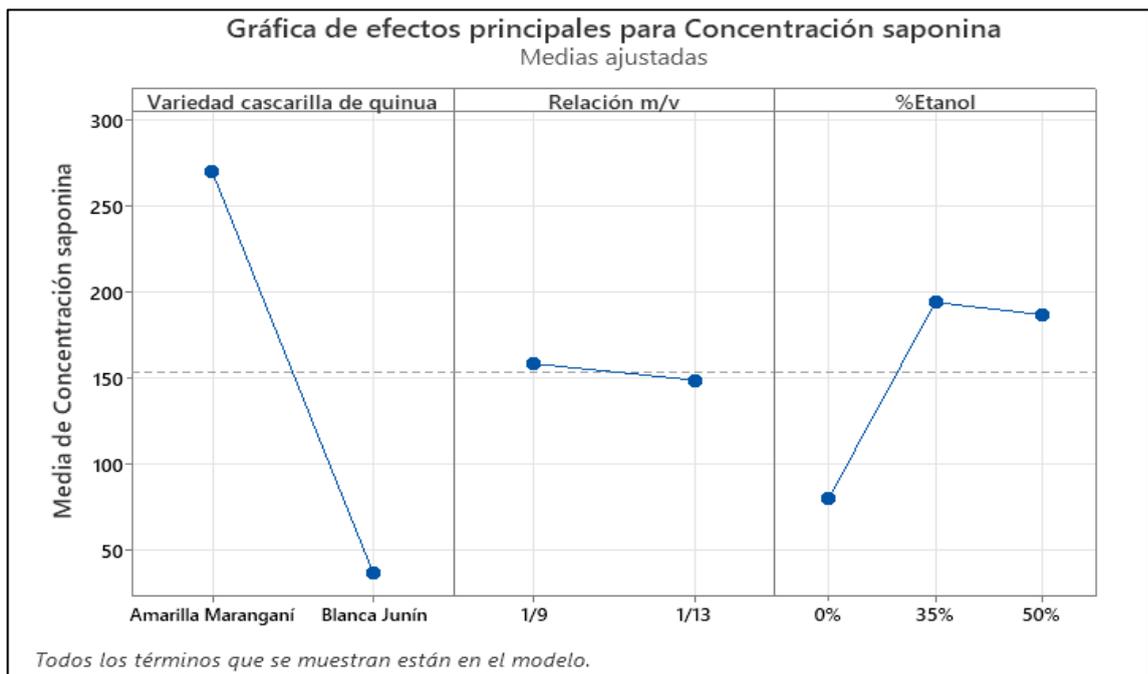
**Figura 28**

*Diagrama de Pareto de efectos estandarizados*



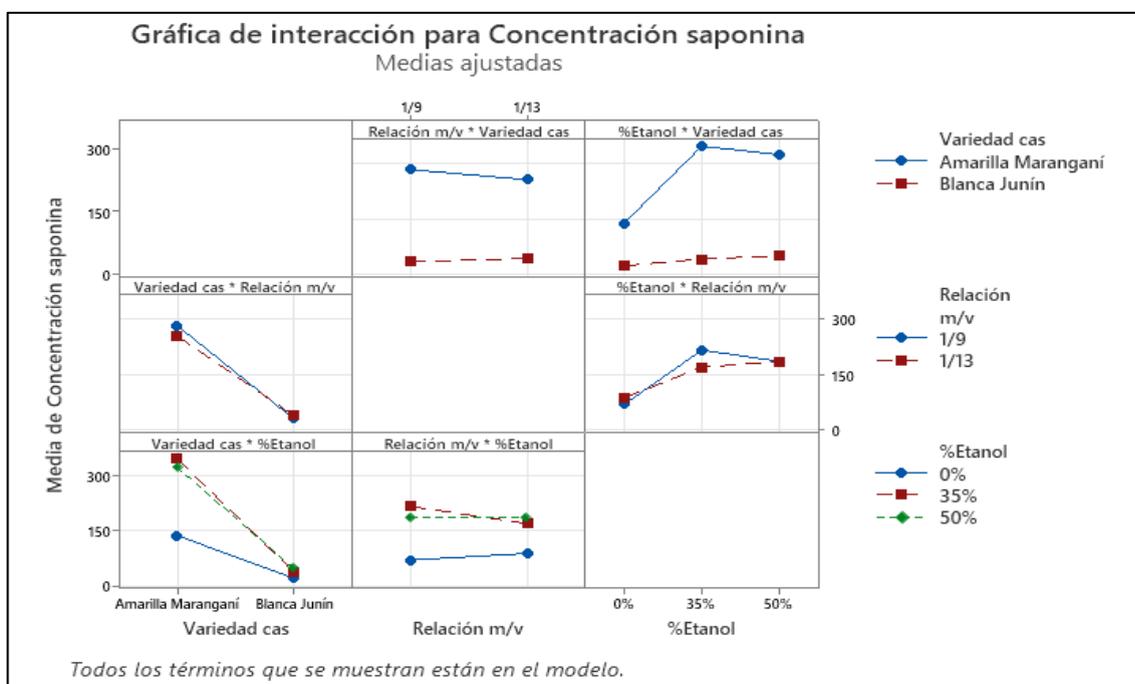
**Figura 29**

*Gráfica de efectos principales para concentración de saponinas*



**Figura 30**

*Diagrama de interacción para concentración de saponinas*



De las Figuras 28, 29 y 30 podemos interpretar que:

- La variedad de cascarilla de quinua tiene un alto efecto significativo en la concentración de saponinas, observándose que la mayor concentración de saponinas se obtiene en la variedad amarilla Marangani.
- La relación m/v tiene un bajo efecto significativo en la concentración de saponinas, observándose una ligera mayor concentración de saponinas trabajando con una relación m/v de 1/9. Debemos de tener en cuenta que solo hemos trabajado con dos valores relación m/v (1/9 y 1/13), los cuales son valores cercanos y por lo tanto la diferencia entre ellos no es muy significativa, sin embargo, puede que se observe una mayor diferencia trabajando con valores mucho más distantes.
- El porcentaje de alcohol tiene un regular efecto significativo en la concentración de saponinas, observándose que las mayores concentraciones de saponinas se obtienen trabajando con una concentración de alcohol al 35% V/V.

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

#### *Hipótesis general*

De las tablas 21 y 22 se deduce el rechazo de la hipótesis nula excepto para el análisis de “Relación m/v” (valor  $p = 0.347$ ) y la interacción de 2 términos “Variedad cascarilla de quinua\*Relación m/v” (valor  $p = 0.083$ ), debido a que el valor de  $p$  en ambos casos es mayor al valor de  $\alpha = 0.05$ , por lo tanto, podemos afirmar que para el análisis de todas las demás variables e interacciones de 2 o 3 términos si existe efectos con significancia en la concentración de saponinas, asimismo, en la tabla 20, se puede observar que la mayor concentración de saponinas presentes en la cascarilla de la quinua variedad amarilla Maranganí fue de 429.43 mg/g (42.943%), mientras que en la cascarilla de la quinua variedad blanca Junín fue de 68.53 mg/g (6.853%), por lo tanto, se comprueba que la cascarilla de quinua variedad amarilla Maranganí tiene mayor concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica.

#### *Hipótesis específicas*

La mayor concentración de saponinas obtenida por el método de maceración hidroalcohólica en la cascarilla de variedad amarilla Maranganí es 42.943%, trabajando a una relación masa/volumen de 1/9 y 35%V/V de etanol, siendo mayor a 0.129% (concentración de saponinas presentes en el grano).

La mayor concentración de saponinas obtenida por el método de maceración hidroalcohólica en la cascarilla de variedad blanca Junín es 6.853%, trabajando a una relación masa/volumen de 1/13 y 50%V/V de etanol, siendo mayor a 0.076% (concentración de saponinas presentes en el grano).

## 6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Según los análisis estadísticos de varianza realizados por Huiza y Leiva, en su investigación “Influencia de la temperatura y concentración de etanol en el tratamiento del residuo del escarificado de quinua variedad Hualhuas (*Chenopodium quinoa Willd*) por extracción sólido-líquido para la recuperación de saponina”, para la variable de concentración de solvente, se obtuvo que la concentración del solvente influye directa y significativamente, por el contrario, el tiempo no tiene efectos y la interacción de las variables en estudio es independiente. En su investigación trabajaron con 50% y 60% Etanol, teniendo el mejor resultado de concentración con 50% Etanol por un tiempo 40 minutos con un rango de %Concentración de saponinas entre 1.9706 a 2.32. El presente análisis coincide con la influencia de datos, siendo la concentración una variable importante para el planteamiento de este tipo de proceso de extracción de la saponina. En tal sentido se trabajó a temperatura ambiente, un tiempo de 72 horas, resultando la mayor concentración del solvente de 35% etanol, con un rango de %concentración de saponinas entre 34.5635 a 42.9433.

Según Carbajal en su investigación, determinó el contenido de saponinas por el método afrosimétrico en el grano de la quinua en el rango de 0.00 a 1.069, siendo así el de la variedad amarilla Maranganí de 0.129 y la variedad blanca Junín de 0.076. En nuestra tesis se reafirma los valores de concentraciones de saponinas de ambas variedades por el método afrosimétrico, ya que al trabajar con la cascarilla de la quinua se obtiene mayor concentración de saponinas que el grano de la quinua. Siendo nuestros datos de concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua en la variedad amarilla Maranganí en el rango de 1.9359 a 2.0056 y la variedad blanca Junín en el rango de 0.1253 a 0.2066.

De acuerdo a Carrillo en su trabajo de investigación “Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) como inhibidoras de hongos fitopatógenos”, realizó la

cuantificación de concentración de saponinas de los residuos de la quinua empleando el método espectrofotométrico UV/VIS. Utilizó 200 g de residuo de quinua y 700 ml de solvente (agua), en el que se obtuvo un extracto acuoso que luego se preparó diluyendo las concentraciones de saponinas al 37.5%, 50%, 75% y 87.5% y 100%V/V con agua destilada que reaccionaron con el reactivo de Libermann-Burchard tornando a color rojo vino. Leyó las absorbancias en el espectrofotómetro a 528 nm teniendo como resultados 2.578, 3.840, 4.432, 4.464 y 4.495 respectivamente. Las concentraciones de saponinas obtenidas fueron entre 0.191 hasta 0.610 mg/ml. En nuestra tesis, realizamos la cuantificación de saponinas en la cascarilla de la quinua por el método espectrofotométrico UV/VIS utilizando el reactivo de Libermann-Burchard dando coloración rojo vino a la presencia de saponinas en las muestras. Se leyó las absorbancias en el espectrofotómetro a 528 nm teniendo como resultados concentraciones de saponinas de 1.43 a 47.71mg/ml.

Según Juez en su tesis “Aprovechamiento de la saponina residual de *Chenopodium quinua* del proceso de escarificación para la obtención de un bioinsecticida”, realizó la recolección de 10 Kg de polvo residual del escarificado de los granos de quinua. Luego para la extracción de saponinas utilizó el método de maceración hidroalcohólica considerando como relación m/v 1/9, asimismo para los %etanol a 0%, 25%, 50% y 75% con un tiempo de maceración de 72 horas, en el que concluyó que al llegar a 75%etanol, ya no se presenta reacción en la mortalidad de insectos por lo que no hay presencia de saponinas que causa ese efecto. En nuestro trabajo de investigación utilizamos para la extracción de saponinas el método de maceración hidroalcohólica considerando como relación m/v 1/9 y 1/13, %etanol de 0%, 35% y 50% con un tiempo de maceración de 72 horas, en el que se obtuvieron los mayores resultados con la relación 1/9 al 35%etanol, posterior a ese porcentaje, las concentraciones de saponinas fueron disminuyendo.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación científica se responsabilizan por la información emitida en la presente tesis, el cual de no ser cumplido suprime la confiabilidad de un estudio porque lo haría parte de la omisión, negligencia e incluso plagio, de esta manera la presente investigación consideró el respeto a la autoría de los autores mediante un correcto citado en base al Reglamento de Código de Ética de la Investigación de la UNAC, Resolución N°260-2019-CU, que establece las conductas éticas en los analistas.

## VII. CONCLUSIONES

- En esta tesis se logró determinar que la cascarilla de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) variedad amarilla Maranganí presenta mayor concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica que la variedad blanca Junín.
- Se determinó que la mayor concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) amarilla Maranganí extraída por el método de maceración hidroalcohólica fue de 429.433 mg saponina/g cascarilla.
- Se determinó que la mayor concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) blanca Junín extraída por el método de maceración hidroalcohólica fue de 68.5306 mg saponina/g cascarilla.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Extender el estudio de extracción de saponina con otras variedades de quinua del valle del Mantaro y difundir su comercialización en la industria alimentaria.
  
- Emplear el tiempo de agitación como condición variable para determinar un mayor rendimiento de extracción de saponina.
  
- Realizar estudios con otros solventes para la extracción de saponina.
  
- Utilizar otros métodos para cuantificar la saponina en el residuo de escarificado de quinua, debido a que las eficiencias obtenidas superan ligeramente el 50%, esto hace suponer que el método utilizado presenta cierta limitación para su obtención durante el proceso.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SUN, X. et al. Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa husks against halitosis-related bacteria. *BMC Complement Altern Med* [en línea]. 2019, vol. 19, nº 46 [fecha de consulta 10 de setiembre 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2455-2>
- [2] ANGELI, V. et al. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “Golden Grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea]. 2020 vol. 9, nº 2 [fecha de consulta 11 setiembre 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- [3] DIAZ, G. y D. GODINEZ, D. Substrates for mushroom, enzyme and metabolites production: A review. *Journal of Environmental Biology* [en línea]. 2022, vol. 1, nº 1 [fecha de consulta 05 noviembre 2022] Disponible en: <http://doi.org/10.22438/jeb/43/3/MRN-3017>
- [4] TACO, V. Deep eutectic solvents for the extraction and stabilization of Ecuadorian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) saponins. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2022, vol. 363, nº 1 [fecha de consulta 07 enero 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132609>
- [5] CHEN, S. Preparation of a highly porous carbon material based on Quinoa husk and its application for removal of dyes by adsorption. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* [en línea]. 2018, vol. 11, nº 8 [fecha de consulta 08 enero 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma11081407>
- [6] SAN MARTIN, R. et al. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. *Crop Protection* [en línea]. 2007, vol. 27, nº 3-5 [fecha de consulta 11 marzo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.03.015>
- [7] 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 , vol. 45, nº 3, pp. 438-469 [fecha de consulta 12 marzo 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62043>

- [8] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. *Observatorio de las siembras y perspectivas de la producción - Quinoa* [en línea] MINAGRI, Lima, 2021. [fecha de consulta 19 marzo 2023] Disponible en: <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/835>
- [9] VILLACIS, C. Estudio para la extracción y purificación de saponinas a partir del mojuelo de quinoa como una posible alternativa a la disponible de tensoactivos de origen natural. [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, 2018. [fecha de consulta 19 febrero 2023] Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15426>
- [10] MORILLO, A. et al. Método afrosimétrico para cuantificar saponinas en Quinoa *Chenopodium Willd* de Colombia. *Brazilian Journal of Biology* [en línea]. 2022, vol. 82, n° e262716 [fecha de consulta 01 setiembre 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262716>
- [11] CASTAÑEDA, V. et al. Obtención de un plaguicida orgánico a partir de la saponina del mojuelo de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo* [en línea]. 2018, vol. 1, n° 1 [fecha de consulta 08 abril 2023] Disponible en: <http://sitios.espam.edu.ec/sigloxxi/Ponencias/VII/ponencias/33.pdf>
- [12] CARRILLO, I. *Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) como inhibidoras de hongos fitopatógenos* [en línea]. Tesis pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019. [fecha de consulta 05 agosto 2023] Disponible en: <https://1library.co/document/y8g39j4z-evaluacion-aprovechamiento-saponinas-residuos-quinua-chenopodium-inhibidoras-fitopatogenos.html>
- [13] HUIZA, B y LEIVA, W. *Influencia de la temperatura y concentración de etanol en el tratamiento del residuo del escarificado de quinoa variedad hualhuas (chenopodium quinoa willd) por extracción sólido - líquido para la recuperación de saponina* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2022. [fecha de consulta 06 agosto 2023] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/7921>
- [14] MARRUFFO, L. *Extracción de saponinas obtenidas a partir de las hojas de Baccharis Emarginata para la elaboración de un champú biodegradable* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, 2019. [fecha de consulta 14 agosto 2023] Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13710>

- [15] JUEZ, L. *Aprovechamiento de la saponina residual de *Chenopodium quinoa* del proceso de escarificación para la obtención de un bioinsecticida* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad César Vallejo, Lima, 2019. [fecha de consulta 30 julio 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65333>
- [16] HUAMÁN, H. y SHUAN, S. *Obtención de saponina de la corteza de quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante extracción hidroalcohólica* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional del Callao, Callao, 2018. [fecha de consulta 16 abril 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12952/3603>
- [17] CARBAJAL, M. *Comportamiento de once variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de Costa Central - La Molina* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, 2019. [fecha de consulta 03 setiembre 2023] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3882>
- [18] IICA, INIA, ETIT y PHBDP. *El mercado y la producción de quinua en el Perú* [en línea]. Lima: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2015 [fecha de consulta 17 abril 2023]. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2652>
- [19] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. *MINAGRI*, 2015. [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/444-granos-andinos/9380-historia-de-la-quinua> [Último acceso: 02 julio 2023].
- [20] Instituto Nacional de Calidad. *Plataforma digital única del estado peruano*, 2021. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/506980-inacal-promueve-estandares-de-calidad-en-los-granos-de-quinua-para-impulsar-su-exportacion> [Último acceso: 10 julio 2023].
- [21] SOTO, L. et al. *Normas Técnicas Andinas para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y productos procesados (hojuelas y harina)*, 2010. [En línea]. Available: <https://laquinua.blogspot.com/2010/10/normas-tecnicas-andinas-para-quinua.html> [Último acceso: 07 marzo 2023].
- [22] AMORES, E. *Saponinas de la quinua, obtención y aplicaciones* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Centro del Ecuador, Quito, 2022. [fecha de consulta 23 agosto 2023] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26757>

- [23] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. *Análisis de mercado Quinoa 2015-2020* [en línea]. MINAGRI, Lima, 2020. [fecha de consulta 24 setiembre 2022]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1479275/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Quinoa%202015%20-%202020.pdf>
- [24] MANCILLA, J. *Análisis del metagenoma bacteriano de la rizosfera de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) en suelos de alta fertilidad y degradado en Huando, Huancavelica* [En línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, 2019. [fecha de consulta 14 mayo 2023] Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2696>
- [25] ZINGARETTI, A. et al. *Fenología de cuatro ecotipos de quinoa (Chenopodium quinoa Willd) sembrados en otoño e invierno (contraestación), en el Valle de Tulúm, San Juan, Argentina*. INTA Digital [en línea]. 2015, vol. 1, nº 1 [fecha de consulta 17 junio 2023] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13929>
- [26] APAZA, V. et al. *Catálogo de variedades comerciales de quinoa en el Perú* [en línea] FAO / INIA, Lima, 2013. [fecha de consulta 18 julio 2022] Disponible en: <https://www.fao.org/3/as890s/as890s.pdf>
- [27] SOTO, M. et al. *Estudio comparativo en rendimiento y calidad de 12 variedades de quinoa orgánica en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasac, Ayacucho*. Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la USMP [en línea]. 2019, vol. 25, nº 29, pp. 57-66 [fecha de consulta 18 junio 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.04>
- [28] BRUNETON, J. *Farmacognosia, fitoquímica, plantas medicinales* [en línea]. España: Acribia S.A., 2001. [fecha de consulta 19 junio 2023]. Disponible en: [https://tejararossi.files.wordpress.com/2017/01/farmacognosia\\_bruneton.pdf](https://tejararossi.files.wordpress.com/2017/01/farmacognosia_bruneton.pdf)
- [29] HOSTETTMANN, K. y S. MARSTON, S. *Saponinas (Química y farmacología de productos naturales)* [en línea]. Suiza: Prensa de la Universidad de Cambridge, 2009. [fecha de consulta 23 junio 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511565113>

- [30] HERNÁNDEZ, R. *Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del Chenopodium quinoa Willd.* Revista Cubana de Medicina Militar [en línea]. 1997, vol. 26, nº 1, pp. 55-62 [fecha de consulta 18 junio 2023] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65571997000100008&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65571997000100008&lng=es&nrm=iso)
- [31] HERNÁNDEZ, R. y HERMOSILLA, V. *Efecto de la concentración de saponinas en la actividad hemolítica de extractos de ocho plantas de uso medicinal en Guatemala.* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2014. [fecha de consulta 27 junio 2023] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35292891.pdf>
- [32] HERNÁNDEZ, R. et al. *Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave Lechuguilla Torrey. e-Gnosis* [en línea]. 2005, vol. 3, nº 3 [fecha de consulta 08 julio 2023] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/730/73000311.pdf>
- [33] LOZANO, M. et al. *Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real Chenopodium quinoa Willd.* Revista Boliviana de Química [en línea]. 2012, vol. 29, nº 2 [fecha de consulta 09 julio 2023] Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339678002>
- [34] PRADO, R. *Evaluación de técnicas de extracción de saponinas de la quinua (chenopodium quinoa willd) como alternativa de mejoramiento para la cadena productiva en Cundinamarca* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, 2018. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20646/27250422.pdf?seq>
- [35] HERNÁNDEZ, M. et al. *Extracción asistida por microondas y limpieza en fase sólida como método de análisis para la determinación de plaguicidas organofosforados en Ambystoma mexicanum.* Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. 2013, vol. 29, nº 2, pp. 189-200 [fecha de consulta 22 julio 2023] Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992013000200005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200005)
- [36] ROBLES, L. y OCHOA, L. *Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos.* Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha [en línea]. 2012, vol. 13, nº 2, pp. 109-122, 2012 [fecha de

consulta 23 julio 2023] Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf>

- [37] COILA, F. *Optimización del proceso de obtención de saponinas a partir de residuos del escarificado de Chenopodium quinoa Willdenow (quinua) y la evaluación antifúngica in vitro de hongos fitopatógenos de la misma* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, 2019. [fecha de consulta 13 agosto 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/9589/42.0227.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [38] TREYBAL, R. *Operaciones de transferencia de masa* [en línea]. Edición 2. México: Mcgraw-hill Interamericana, 2000. [fecha de consulta 29 octubre 2023]
- [39] RAMOS, S. *Determinación de parámetros de secado por aspersión de extracto acuoso de saponinas y adaptación de un método de cuantificación en quinua por espectrofotometría UV-Visible* [en línea]. Tesis pregrado. Repositorio Institucional Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2016. [fecha de consulta 18 agosto 2023] Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/19036>
- [40] VILLANUEVA, G. *Desarrollo y caracterización de microemulsiones cargadas con naltrexona base; estudio del efecto solubilizante* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, 2021. [fecha de consulta 18 agosto 2023] Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3270>
- [41] PANCHANA, D. y VELÁSQUEZ, A. *Estudio farmacognóstico y químico comparativo de las semillas de Mimops sp. en dos estados de maduración.* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2018. [fecha de consulta 01 octubre 2023] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/reduq/33759>
- [42] PAÑI, D. *Factores que influyen en la administración de medicación sin prescripción médica por parte de los representantes legales de los niños de la Escuela Comuna San Sebastián de la Comunidad de Zhotor* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, 2018. [fecha de consulta 03 octubre 2023] Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/6558>

- [43] CHAMBI, J. *Automatización de una casa malla para el control y supervisión de la estratificación de semillas y enraizamiento de Esquejes de Hortícolas* [en línea]. Tesis pregrado. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 2013. [fecha de consulta 07 octubre 2023] Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3133>
- [44] GUILCAPI, V. *Evaluación de métodos para la extracción de saponina presente en el mojuelo de quinua amarga (Chenopodium quinoa)* [en línea]. Tesis pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019. [fecha de consulta 08 octubre 2023] Disponible en: <https://1library.co/document/z1dlrvz-evaluacion-metodos-extraccion-saponina-presente-mojuelo-quinua-chenopodium.html>
- [45] ARIAS, J. y COVINOS, M. *Diseño y metodología de la investigación* [en línea]. Arequipa: Enfoques Consulting EIRL, 2021, pp. 1-134. [fecha de consulta 20 noviembre 2022]. Disponible en: [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias\\_S2.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf)
- [46] MONTGOMERY, D. *Diseño y análisis de experimentos* [en línea], 2 ed., Balderas 95: Limusa S.A, 2004, pp. 194 -388. [fecha de consulta 15 abril 2022] Disponible en: <https://es.slideshare.net/jairjosemunozsuarez/diseo-y-analisis-de-experimentos-montgomery-ocr>
- [47] ANDRADE, F. *Método inductivo y su refutación deductista. Conrado* [en línea]. 2018, vol. 14, nº 63, pp. 117-122 [fecha de consulta 05 agosto 2023] Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442018000300117&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000300117&lng=es&nrm=iso)
- [48] VICENTE, G. *Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semillas de Chenopodium quinoa Willd provenientes del noroeste argentino* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 2013. [fecha de consulta 27 noviembre 2022] Disponible en: <http://hdl.handle.net/11086/1413>
- [49] Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. *Pronóstico de producción de quinua a/ 2023* [en línea]. MIDAGRI, Lima, 2023. [fecha de consulta 2 febrero 2024]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4702442/Pronóstico%20de%20producción%20de%20quinua%20a%202023.pdf?v=1687194415>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Matriz de consistencia

“CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN LA CASCARILLA DE *CHENOPodium QUINOA WILLD* (QUINUA) VARIEDADES AMARILLA MARANGANÍ Y BLANCA JUNÍN EXTRAÍDAS POR EL MÉTODO DE MACERACIÓN HIDROALCOHÓLICA”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál de las variedades de quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ): amarilla Maranganí o blanca Junín presentan mayor concentración de saponinas en su cascarilla al ser extraídas por el método de maceración hidroalcohólica?	Determinar cuál de las variedades de quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) amarilla Maranganí o blanca Junín presenta una mayor concentración de saponinas en su cascarilla extraídas por el método de maceración hidroalcohólica.	Si la concentración de saponinas en la cascarilla de <i>Chenopodium quinoa Willd</i> (Quinua) variedad amarilla Maranganí es mayor a 0.129% y en la blanca Junín es mayor al 0.076%, entonces la cascarilla de la quinua de la variedad amarilla Maranganí tendrá mayor concentración de saponinas extraídas por el método de extracción de maceración hidroalcohólica.	Concentración de saponinas extraídas en la cascarilla de la <i>Chenopodium quinoa Willd</i> (quinua).	Comparación de concentraciones de saponinas de la cascarilla de la quinua entre la variedad amarilla Maranganí y blanca Junín	Registrar los valores para cada variedad: -Mayor> -Menor< -Iguar=	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIÓN	INDICADORES	
¿Cuál es la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) amarilla Maranganí extraída por el método de maceración hidroalcohólica?	Determinar la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) amarilla Maranganí extraída por el método de maceración hidroalcohólica.	La concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica de la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) amarilla Maranganí es mayor a 0.129%.	Cascarilla de la variedad amarilla Maranganí.	Extracción de saponinas en la cascarilla de la variedad amarilla Maranganí  Concentración de saponinas en cascarilla de la quinua	Relación masa de la cascarilla/volumen de alcohol -1/9g/ml -1/13gml  Concentración de alcohol/agua v/v -0/100 -35% -50% <u>mg de saponina</u> g de cascarilla de quinua	Experimental, cuantitativa, aplicada.
¿Cuál es la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) blanca Junín extraída por el método de maceración hidroalcohólica?	Determinar la concentración de saponinas en la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) blanca Junín extraída por el método de maceración hidroalcohólica.	La concentración de saponinas extraídas por el método de maceración hidroalcohólica de la cascarilla de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd</i> ) de la variedad blanca Junín es mayor a 0.076%.	Cascarilla de la variedad blanca Junín.	Extracción de saponinas en la cascarilla de la variedad blanca Junín.  Concentración de saponinas en cascarilla de la quinua	Relación masa de la cascarilla/volumen de alcohol -1/9g/ml -1/13gml  Concentración de alcohol/agua v/v -0/100 -35% -50% <u>mg de saponina</u> g de cascarilla de quinua	

## Anexo 2

### Informe de ensayo de espectrofotometría UV/VIS



**SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS  
S.A.C.**

## INFORME DE ENSAYO IE-2023-1735

### 1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : YOSUART JUNIOR ARTURO CAMPOS PALACIN/ SARA  
1.2 RUC o DNI : APOLINARIO VASQUEZ  
1.3 Dirección : 72573482  
: Jr Puntualidad Mz JJ4 Lt 31 Urbanización Pro 1era Etapa

### 2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : ALIMENTOS  
2.2 Muestreado por : CLIENTE (C)  
2.3 Número de Muestras : 36  
2.4 Fecha de Recepción : 2023-10-25  
2.5 Periodo de Ensayo : 2023-10-26 al 2023-11-07  
2.6 Fecha de Emisión : 2023-11-09  
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : 2023-10-23 / 17:00PM (C)  
2.8 N° de cotización : COT-129790-SL23

### 3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

ENSAYO	MÉTODO
Determinación de Saponinas	Espectrofotometría UV Visible

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO  
QUÍMICO  
CQP. 1337

V02  
2023-07-21

SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.  
Calle 22 Urb. Vipol Naranjal Mz E Lt 07, San Martín De Porres Lima-Perú.  
Cel: 926640042  
[www.slabperu.com](http://www.slabperu.com) – [contacto@slabperu.com](mailto:contacto@slabperu.com)

Página 1 de 4

**4. RESULTADOS**  
**4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:**

Código de Laboratorio	Descripción de muestras
S-2606	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M111-1 <sup>º</sup>
S-2607	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M111-2 <sup>º</sup>
S-2608	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M111-3 <sup>º</sup>
S-2609	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M112-1 <sup>º</sup>
S-2610	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M112-2 <sup>º</sup>
S-2611	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M112-3 <sup>º</sup>
S-2612	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M113-1 <sup>º</sup>
S-2613	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M113-2 <sup>º</sup>
S-2614	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M113-3 <sup>º</sup>
S-2615	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M121-1 <sup>º</sup>
S-2616	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M121-2 <sup>º</sup>
S-2617	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M121-3 <sup>º</sup>
S-2618	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M122-1 <sup>º</sup>
S-2619	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M122-2 <sup>º</sup>
S-2620	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M122-3 <sup>º</sup>
S-2621	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M123-1 <sup>º</sup>
S-2622	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M123-2 <sup>º</sup>
S-2623	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA AMARILLA MARANGANÍ) _ Cód Int: M123-3 <sup>º</sup>
S-2624	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M211-1 <sup>º</sup>
S-2625	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M211-2 <sup>º</sup>
S-2626	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M211-3 <sup>º</sup>
S-2627	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M212-1 <sup>º</sup>
S-2628	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M212-2 <sup>º</sup>
S-2629	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M212-3 <sup>º</sup>
S-2630	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M213-1 <sup>º</sup>
S-2631	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M213-2 <sup>º</sup>
S-2632	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M213-3 <sup>º</sup>
S-2633	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M221-1 <sup>º</sup>
S-2634	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M221-2 <sup>º</sup>
S-2635	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M221-3 <sup>º</sup>
S-2636	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M222-1 <sup>º</sup>
S-2637	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M222-2 <sup>º</sup>
S-2638	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M222-3 <sup>º</sup>
S-2639	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M223-1 <sup>º</sup>
S-2640	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M223-2 <sup>º</sup>
S-2641	EXTRACTO DE SAPONINA (CASCARILLA BLANCA JUNÍN) _ Cód Int: M223-3 <sup>º</sup>

**Nombre de la tesis:** "CUANTIFICACION DE SAPONINAS EN LA CASCARILLA DE CHENOPODIUM QUINOA WILDD (QUINUA) VARIEDADES AMARILLAS MARANGANÍ Y BLANCA JUNÍN EXTRAÍDAS POR EL MÉTODO DE MACERACIÓN HIDROALCOHÓLICA"

**4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS**

**Tabla N°1: RESULTADOS OBTENIDOS**

Código de Laboratorio	Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
S-2606	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	14.33
S-2607	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	10.89
S-2608	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	15.18
S-2609	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	47.71
S-2610	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	38.97
S-2611	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	46.03
S-2612	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	42.29
S-2613	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	35.11
S-2614	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	32.97
S-2615	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	13.62
S-2616	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	10.50
S-2617	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	11.63
S-2618	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	26.96
S-2619	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	16.63
S-2620	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	24.82
S-2621	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	25.40
S-2622	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	25.32
S-2623	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	22.28
S-2624	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.92
S-2625	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	1.43
S-2626	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	1.64
S-2627	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	4.16
S-2628	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.84
S-2629	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.98
S-2630	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.54
S-2631	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	6.16
S-2632	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	4.39
S-2633	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	1.71
S-2634	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	2.03
S-2635	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	1.57
S-2636	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.67
S-2637	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.20
S-2638	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	3.44
S-2639	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	2.89
S-2640	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	5.27
S-2641	Determinación de saponinas	mg/ml	0.40	4.95



**Imagen 1: IMÁGENES DE LOS ENSAYOS**

**Leyenda**

LCM: Límite de Cuantificación de Método.

(C) Información suministrada por el cliente.

**FIN DE DOCUMENTO**

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra como se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- El muestreo está fuera del alcance de acreditación.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

### Anexo 3

#### Curva estándar de saponinas



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS  
S.A.C.

#### ANEXO

##### 1. Curva estándar de saponinas



Gráfico 1. Curva Estándar – Espectrofotometría

Laboratorio de ensayo e investigación

FIN DE DOCUMENTO

## Anexo 4

### Certificado de acreditación SLAB PERÚ

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

## SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

**Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Calle 22 Mz E Lt 7 Urbanización Vipol de Naranjal, distrito de San Martín de Porres, provincia y departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 21 de julio de 2023  
Fecha de Vencimiento: 20 de julio de 2026



Firmado digitalmente por AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU  
20600283015 soft  
Fecha: 2023-08-18 08:52:23  
Motivo: Soy el Autor del Documento

**PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ**  
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 15 de agosto de 2023



Cedula N°: 228-2023-INACAL/DA  
Contrato N°: 039-2023/INACAL-DA  
Registro N°: LE - 211

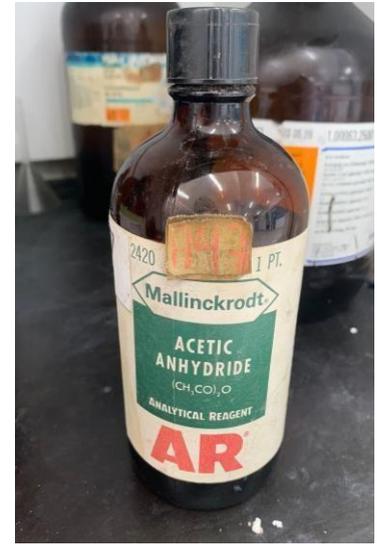
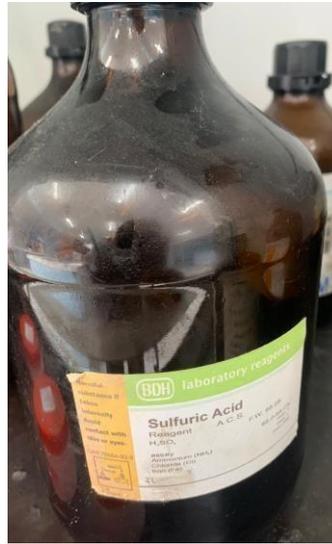
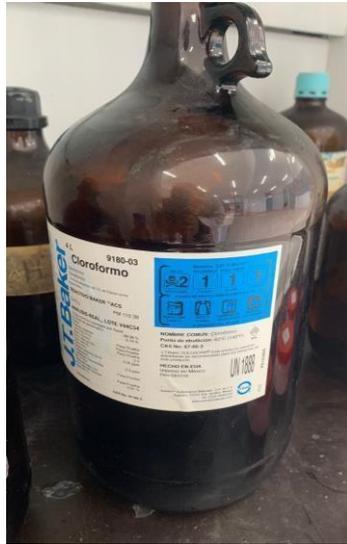
El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditacion](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditacion), y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL, es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mútuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03



## Reactivos utilizados para las pruebas de Salkowski y Abisch



## Etiquetado de muestras para SLAB PERÚ



## Anexo 6

### Uso del programa Minitab 19

#### Datos insertados en Minitab 19 (Parte 1)

Minitab - Minitab Saponinas.mpx Sara Apolinario - Prueba

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Vista Ayuda Asistente Módulo de Analítica predictiva Herramientas adicionales

Navegador Gráficas factoriales para Co... x

Regresión factorial general: C...  
Gráficas factoriales para Conc...

SAPONINAS  
Gráficas factoriales para Concentración saponina

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Variedad cascarilla de quinua	Relación m/v	%Etanol	Concentraci									
1	1	1	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	0%	128.983									
2	2	2	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	35%	429.433									
3	3	3	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	50%	380.648									
4	4	4	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	0%	177.113									
5	5	5	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	35%	350.585									
6	6	6	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	50%	330.299									
7	7	7	1	1	1 Blanca Junín	1/9	0%	35.283									
8	8	8	1	1	1 Blanca Junín	1/9	35%	37.444									
9	9	9	1	1	1 Blanca Junín	1/9	50%	31.863									
10	10	10	1	1	1 Blanca Junín	1/13	0%	22.237									
11	11	11	1	1	1 Blanca Junín	1/13	35%	47.724									
12	12	12	1	1	1 Blanca Junín	1/13	50%	37.581									
13	13	13	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	0%	98.020									
14	14	14	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	35%	350.765									
15	15	15	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/9	50%	316.022									
16	16	16	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	0%	136.541									
17	17	17	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	35%	216.255									
18	18	18	1	1	1 Amarilla Maranganí	1/13	50%	329.259									
19	19	19	1	1	1 Blanca Junín	1/9	0%	12.871									
20	20	20	1	1	1 Blanca Junín	1/9	35%	34.563									
21	21	21	1	1	1 Blanca Junín	1/9	50%	55.446									
22	22	22	1	1	1 Blanca Junín	1/13	0%	26.398									
23	23	23	1	1	1 Blanca Junín	1/13	35%	41.612									
24	24	24	1	1	1 Blanca Junín	1/13	50%	60.531									

Saponinas

# Datos insertados en Minitab 19 (Parte 2)

Minitab - Minitab Saponinas.mpx Sara Apolinario - Prueba

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Vista Ayuda Asistente Módulo de Análítica predictiva Herramientas adicionales

Navegador Gráficas factoriales para Co... x

Regresión factorial general: C...  
Gráficas factoriales para Conc...

SAPONINAS

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Variedad cascarilla de quinua	Relación m/v	%Etanol	Concentración									
24	24	24	1	1	Blanca Junín	1/13	50%	68.531									
25	25	25	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	0%	136.634									
26	26	26	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	35%	414.311									
27	27	27	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	50%	296.760									
28	28	28	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	0%	151.235									
29	29	29	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	35%	322.757									
30	30	30	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	50%	289.727									
31	31	31	1	1	Blanca Junín	1/9	0%	14.761									
32	32	32	1	1	Blanca Junín	1/9	35%	35.824									
33	33	33	1	1	Blanca Junín	1/9	50%	39.514									
34	34	34	1	1	Blanca Junín	1/13	0%	20.416									
35	35	35	1	1	Blanca Junín	1/13	35%	44.733									
36	36	36	1	1	Blanca Junín	1/13	50%	64.369									
37																	
38																	
39																	
40																	
41																	
42																	
43																	
44																	
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	

Saponinas

100%

# Regresión factorial general

Minitab - Minitab Saponinas.mpx Sara Apolinario - Prueba

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Vista Ayuda Asistente Módulo de Analítica predictiva Herramientas adicionales

Navegador: Regresión factorial general: C...  
Gráficas factoriales para Conc...

Regresión factorial general: SAPONINAS  
**Regresión factorial general: Concentración saponina vs. Variedad cascarilla de quinua; Relación m/v; %Etanol**

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Variedad cascarilla de quinua	2	Amarilla Maranganí; Blanca Junín
Relación m/v	2	1/9; 1/13
%Etanol	3	0%; 35%; 50%

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Modelo	11	664303	60391	67.87
Lineal	4	584612	146153	164.25
Variedad cascarilla de quinua	1	486314	486314	546.55
Relación m/v	1	820	820	0.92
%Etanol	2	97478	48739	54.78
Interacciones de 2 términos	5	72069	14414	16.20
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v	1	2913	2913	3.27
Variedad cascarilla de quinua*%Etanol	2	62543	31272	35.14
Relación m/v*%Etanol	2	6613	3306	3.72
Interacciones de 3 términos	2	7622	3811	4.28
Variedad cascarilla de quinua*Relación m/v*%Etanol	2	7622	3811	4.28
Error	24	21355	890	
Total	35	685658		

#	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Variedad cascarilla de quinua	Relación m/v	%Etanol	Concentraci									
1	1	1	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	0%	128.983									
2	2	2	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	35%	429.433									
3	3	3	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	50%	380.648									
4	4	4	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	0%	177.113									

Saponinas

# Gráficas factoriales para concentración de saponinas

Minitab - Minitab Saponinas.mpx Sara Apolinario - Prueba

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Vista Ayuda Asistente Módulo de Analítica predictiva Herramientas adicionales

Navegador

Regresión factorial general: C...  
Gráficas factoriales para Conc...

SAPONINAS

## Gráficas factoriales para Concentración saponina

### Gráfica de efectos principales para Concentración saponina

Medias ajustadas

Variedad cascarilla de quinua: Amarilla Maranganí (270), Blanca Junin (40)  
 Relación m/v: 1/9 (160), 1/13 (150)  
 %Etanol: 0% (80), 35% (195), 50% (185)

Todos los términos que se muestran están en el modelo.

### Gráfica de interacción para Concentración saponina

Medias ajustadas

Variedad cas \* Relación m/v: Amarilla Maranganí (1/9: 270, 1/13: 260), Blanca Junin (1/9: 10, 1/13: 10)  
 Variedad cas \* %Etanol: Amarilla Maranganí (0%: 145, 35%: 145, 50%: 145), Blanca Junin (0%: 10, 35%: 10, 50%: 10)  
 Relación m/v \* %Etanol: 1/9 (0%: 145, 35%: 145, 50%: 145), 1/13 (0%: 10, 35%: 10, 50%: 10)

Todos los términos que se muestran están en el modelo.

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6-T	C7-T	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17
	OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	Variedad cascarilla de quinua	Relación m/v	%Etanol	Concentraci									
1	1	1	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	0%	128.983									
2	2	2	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	35%	429.433									
3	3	3	1	1	Amarilla Maranganí	1/9	50%	380.648									
4	4	4	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	0%	177.113									
5	5	5	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	35%	350.585									
6	6	6	1	1	Amarilla Maranganí	1/13	50%	330.299									

Saponinas

