UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias
con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:
Ing. Peter Díaz Alegría

ASESOR:
Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

CO – ASESOR:
Blgo. Mblgo. Henry Giovani Jave Concepción

Tarapoto - Perú
2022

Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:
Ing. Peter Díaz Alegría

ASESOR:
Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

CO-ASESOR:
Blgo. Mblgo. Henry Giovani Jave Concepción

Tarapoto – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental

AUTOR:
Ing. Peter Díaz Alegría

ASESOR:
Dr. Wildoro Ramírez Ramírez

CO-ASESOR:
Blgo. Mblgo. Henry Giovani Jave Concepción

Tarapoto – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

AUTOR:

Ing. Peter Díaz Alegría

Sustentada y aprobada el 15 de marzo de 2022, por los siguientes jurados:

Ing. Mg. Juan José Salazar Díaz **Presidente**	**Ing. Dr. Víctor Hugo Muñoz Delgado** **Secretario**
Ing. Enrique Navarro Ramírez **Miembro**	**Lic. Dr. Wildoro Ramírez Ramírez** **Asesor**

© Peter Díaz Alegría - 2022
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE ECOLOGÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental

Los suscritos declaran que el presente trabajo de tesis es original, en su contenido y forma.

Ing. Peter Díaz Alegría
Ejecutor

Lic. Dr. Wildoro Ramírez Ramírez
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Peter Díaz Alegría, con DNI N° 70153264, egresado de la Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ecología, Programa de Maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental de la UNSM, autor de la tesis titulada: **Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 15 de marzo de 2022.

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Díaz Alegría Peter		
Doctorado / Maestría / Segunda Especialidad:	Maestría	**Teléfono:**	918016958
Correo electrónico :	piter.diaz1995@gmail.com	**DNI:**	70153264

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Programa de:	Maestría en Ciencias con mención en Gestión Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo :	Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de Sapindus saponaria como alternativa a los detergentes convencionales
Año de publicación:	2022

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de

San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".**

.....

Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto.

Fecha de recepción del documento:

04 / 07 / 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto – UNSM.

.....

Ing. Grecia Yanessa Fachin Ruiz
Responsable

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios por sobre todas las cosas, por darme las fuerzas necesarias para poder seguir adelante y por darme la oportunidad de llegar a vivir este momento tan importante de mi formación profesional.

En especial, este trabajo va a dedicado a mis padres Lenin Díaz García y Judith Alegría Tuesta que partieron al cielo hace poco, que con tanto cariño me motivaron a seguir adelante a pesar de cualquier circunstancia y a no rendirme nunca.

Peter Díaz Alegría

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de San Martin, por darme las facilidades necesarias para poder ejecutar mi tesis en las instalaciones de su laboratorio de Agroindustrias y Agroecología. A mis docentes por brindarme su conocimiento. A mi asesor Dr. Wildoro Ramírez Ramírez por orientarme en todo el proceso de mi Tesis.

A mis adorados hermanos que me guían por la senda del camino, a Judith Díaz Alegría y Richard Díaz Alegría por estar siempre pendiente en todos los pasos de mi vida y ser una gran fuente de motivación e inculcarme valores y principios.

Con mucho afecto y respeto, muchas gracias.

El Autor

Índice general

Dedicatoria vii
Agradecimiento viii
Índice general ix
Índice de tablas xi
Índice de figuras xii
Listado de siglas o abreviaturas xiii
Resumen xiv
Abstract xv

Introducción 1

CAPITULO I 3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 3
1.1. Planteamiento del problema 3
1.2. Justificación de la investigación 4
1.3. Antecedentes de la investigación 5
1.4. Bases teóricas 7
1.4.1. Saponina 7
1.4.2 *Sapindus saponaria* 8
1.4.3 Propiedades de la saponina 9
1.4.4 Biodetergentes 10
1.4.5 Detergentes 11
1.4.6 Clasificación de detergentes 11
1.4.7 Biotecnología y bioingeniería 12
1.4.8 Importancia de la biotecnología 12
1.4.9 Métodos de extracción de saponinas para análisis 13
1.4.10 Métodos de evaluación de saponinas 15
1.5 Definición de términos básicos 17

MATERIAL Y MÉTODOS 18
2.1 Hipótesis de la investigación 18

2.1.1 Hipótesis nula 18
2.1.2 Hipótesis alterna 18
2.2 Sistemas de variables 18
2.3 Operacionalización de variables 18
2.4 Tipo y nivel de investigación 19
2.4.1 Tipo de investigación 19
2.4.2 Nivel de investigación. 20
2.4.3 Diseño de investigación 20
2.5 Población y muestra 20
2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 21
2.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos 21
2.8 Materiales y métodos 21
2.8.1 Materiales 21
2.8.2 Métodos 23

CAPITULO III 29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
3.1 Resultados 29
3.2 Discusión 33

CONCLUSIONES 36

RECOMENDACIONES 37

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

ANEXOS 43

Índice de tablas

Tabla 1 Nomenclatura según la IUPAC para las saponinas. 10
Tabla 2 Operacionalización de las variables. 19
Tabla 3 Técnica, instrumentos, su alcance y su fuente correspondiente. 21
Tabla 4 Materiales empleados en el desarrollo del proyecto 22
Tabla 5 Equipos empleados en el desarrollo del proyecto 23
Tabla 6 Reactivos empleados en el desarrollo del proyecto 23
Tabla 7 Esquema de la metodología en el estudio. 27
Tabla 8 Volumen del extracto de saponinas según el método de extracción 29
Tabla 9 Prueba de muestras independientes 30
Tabla 10 Correlación entre el método de extracción de saponinas y el nivel de espuma generado 31
Tabla 11 Correlación entre el contenido de saponinas y el nivel de espuma generado.... 33

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de la digitonina y sus grupos funcionales característicos. 9
Figura 2. Diferencia entre los tipos de detergentes..... 12
Figura 3. Esquema del diseño de investigación experimental transversal..... 20
Figura 4. Procedimiento para extraer saponinas (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica)..... 27
Figura 5. Volúmenes extraídos según el método de Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica. 30
Figura 6. Nivel de espuma según la concentración de saponinas en dilución. 31
Figura 7. Nivel de espuma según el gasto de la solución. 32

Listado de siglas o abreviaturas

ADN: Ácido desoxirribonucleico

GR: Glóbulos Rojos

IUPAC: Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

EPA: Agencia de Protección Ambiental

CMC: Carboxi Metil Celulosa

Ho: Hipótesis Nula

Hi: Hipótesis Alterna

SPSS: Producto de Estadística y Solución de Servicio

GPS: Global Positioning System

UTM: Universal Transversal de Mercator

UNSM: Universidad Nacional de San Martín

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo comparar la concentración de saponinas extraídas de *Sapindus saponaria* mediante extracción Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica; el tipo de investigación es básica, con un nivel de investigación exploratorio y un diseño experimental transversal, teniendo como población 6 kg de los frutos de *Sapindus saponaria* y como muestra a las saponinas factibles de ser extraídas mediante el método Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica de los frutos de *Sapindus saponaria.* Para el procesamiento de resultados se utilizó el análisis estadístico de prueba de homogeneidad mediante la prueba t y finalmente el proceso estadístico correlacional de Pearson en el programa SPSS. Se obtuvo como resultados que el método de extracción hidroalcohólica es el más eficaz, porque permitió extraer mayor volumen de saponina con un concentrado de 320 ml, mientras que, el método Soxhlet se obtuvo un volumen de 100 ml, utilizando 3 Kg del fruto en ambos casos; para conocer la concentración de saponinas mediante el índice afrosimétrico se realizó la correlación de Pearson entre el método y el nivel de espuma teniendo como resultado un valor de 12.50 cm logrando demostrar que la muestra contiene saponinas en gran cantidad; además se realizó la correlación de Pearson entre el contenido de saponinas según el gasto de la solución empleada en la determinación del índice afrosimétrico obteniendo un valor de 2.17 cm la cual es significativa como alternativa para formular un detergente natural amigable con el ambiente y una alternativa a los detergentes clásicos.

Palabras clave: Saponinas, Soxhlet, hidroalcohólica, *Sapindus saponaria*, extracción.

Abstract

The present research aimed to compare the concentration of saponins extracted from the *Sapindus saponaria* in one hand by Soxhlet extraction and on the other hand by hydroalcoholic mixture. The type of research is basic, with an exploratory level and a cross-sectional experimental design, having as population 6 kg of *Sapindus saponaria* fruits and as sample the saponins that can be extracted by the Soxhlet method and a hydroalcoholic mixture of *Sapindus saponaria* fruits. For datas processing, the statistical analysis of homogeneity test was used through the t-test and finally the Pearson correlational statistical process in the SPSS program. The results showed that the hydroalcoholic extraction method is the most effective, because it allowed extracting a greater volume of saponin with a concentrate of 320 ml, while the Soxhlet method obtained a volume of 100 ml, using 3 kg of fruit in both cases. To determine the concentration of saponins by means of the afrosimetric index, a Pearson correlation was performed between the method and the foam level, obtaining a result value of 12.50 cm, demonstrating that the sample contains a large amount of saponins. In addition, the Pearson correlation between the saponin content according to the cost of the solution used in the determination of the afrosimetric index was performed, obtaining a value of 2.17 cm, making it significant as an alternative for formulating a natural detergent that is environmentally friendly and an alternative to classic detergents.

Key words: Saponins, Soxhlet, hydroalcoholic, *Sapindus saponaria*, extraction.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN
COORDINACIÓN
CENTRO DE IDIOMAS

Introducción

En la actualidad, el mundo se ha visto afectada por el uso indiscriminado de detergentes no biodegradables que contaminan a las fuentes de agua con una gran cantidad de sustancias químicas inorgánicas y sintéticos la cual no se degradan con facilidad en un tiempo determinado por la que afecta las condiciones de la calidad del agua incluyendo la flora y fauna de la vida acuática, Carballido (2019). La mayoría de los detergentes están fabricados químicamente que derivan del azufre, fosforo, nitrógeno y una vez que están en contacto con el agua favorece la proliferación de las algas, por lo tanto el aumento del oxígeno disuelto lo que hace que las especies acuáticas se vean afectadas e incluso se extingan, Bellver (2020).

En el Perú son pocos las empresas que fabrican detergentes ecológicos y el gobierno nacional deberían priorizar proyectos que impulsen al desarrollo de investigaciones que ayudan a contribuir con el ambiente con un menor impacto ambiental. Bellver (2020) menciona que la importancia de la fabricación de detergentes biodegradables creados con productos naturales, amigables con el medio ambiente es primordial ya que esta creada a base de compuestos orgánicos que se degradan con mayor facilidad en corto tiempo sin afectar la calidad del agua ni la vida acuática.

En Región San Martín existe una especie de árbol denominado *Sapindus saponaria* o Choloque que se encuentra en todos los bosques y todo el año contiene frutos de color marrón pardo amarillento brillante en su estado de maduración el cual la mayoría de nuestros ancestros lo utilizaba para lavar la ropa, bañar, limpiar, etc. ya que dicho fruto una vez extraído el pericarpio debidamente triturado o machacado y al estar en contacto con el agua, presenta características similares a los de los detergentes convencionales la cual les era útil en el día a día. En la actualidad, se ha olvidado estas buenas prácticas por el desarrollo urbano y crecimiento industrial del mundo y se hizo habitual utilizar productos sintéticos que contaminen el medio ambiente alterando el equilibrio ecosistémico.

En ese contexto en la presente investigación se planteó como **objetivo general** comparar la concentración de saponinas extraídas de *Sapindus saponaria* mediante extracción Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica y para ello fue necesario generar los **objetivos**

específicos. O_1. Evaluar si existe diferencia significativa entre los volúmenes extraídos según el método de Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica. O_2. Determinar la correlación entre el contenido de saponinas según el método de extracción. O_3. Determinar la correlación entre el contenido de saponinas según la concentración empleado en el índice afrosimétrico.

La presente investigación está estructurada con una introducción, III capítulos, siendo el capítulo I la revisión bibliográfica, capitulo II materiales y métodos, capitulo III resultados y discusión, así como las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Planteamiento del problema

Uno de los problemas más grandes del mundo es la contaminación de las aguas de los ríos, mares, lagos, océanos, etc., con concentraciones de detergentes creados con productos químicos y sintéticos en las industrias, Atici (2021). Las aguas residuales pueden ser clasificadas como aguas domésticas e industriales, y que, debido a la utilización diaria en los hogares, los detergentes estarían presentes en ambos casos. Además, se sabe que, un gran porcentaje de estos detergentes contienen como uno de sus componentes clásicos a la sosa, considerada como un fuerte biocida y que afectaría la microbiota del agua alterando por consiguiente la depuración natural (Moukalled, 2015).

En la actualidad se habla de unos compuestos considerados como los contaminantes emergentes, en los que se incluye los blanqueadores, abrillantadores ópticos, perfumes, bactericidas y agentes espumantes. Se sabe que una gran variedad de microrganismos, animales y vegetales presentan una serie de complejos enzimáticos como proteasas, lipasas, oxidasas y otras que en términos generales son hidrolasas (Quesada, 2018). Una alternativa parcial a la problemática mencionada, podría considerarse a los detergentes biológicos, que por su naturaleza no contienen sosa, son considerados amigables con el ambiente y no son persistentes por su característica biodegradable. Es así que, desde una perspectiva ambiental sería considerada una posible solución práctica que está a nuestro alcance poder contribuir con la sostenibilidad minimizando su uso clásico, (Moukalled, 2015)(Moukalled, 2015)(Moukalled, 2015)Moukalled, (2015). El principio de los biodetergentes, está relacionado con su contenido enzimático que facilitaría la limpieza y genera menos daño a la piel y a las prendas de vestir.

En el Perú, son pocas las empresas que optan por fabricar detergentes biodegradables y que reduzcan el impacto ambiental. El ejecutivo de proyectos de Innóvate Perú, señaló que la importancia de crear detergentes eco amigables de productos naturales es que promueve el cuidado de nuestra naturaleza además que dichos detergentes biodegradables radica en que remueve con 100 por ciento de efectividad todo tipo de organismos e impurezas que se adhieren a las superficies sin dañar el ecosistema acuático y protegiendo algas, crustáceos, peces, etc. Ventura, (2018).

En la Región San Martin, este árbol de Choloque (*Sapindus saponaria*) es una especie que abunda y produce frutos en todo el año, muchos de nuestros ancestros lo utilizaban para lavar sus prendas de vestir, bañar y como alternativa curativa de algunas enfermedades de la piel por contener antioxidantes, etc. Sin embargo, con el paso de los años y la industrialización, dicha práctica fue olvidada ya que los pobladores optaron por utilizar productos creados en las fábricas y que simplifica las actividades cotidianas

En ese contexto, los problemas centrales que se trató en la presente investigación es la de conocer mediante dos métodos de extracción, cuál de ellos es la que extrae mayor cantidad de la muestra estudiada (concentración del fruto de la Tingana *Sapindus saponaria*) que contiene esta sustancia natural llamada *Saponina* la cual es muy importante porque al ser extraída a través de métodos eficientes se tiene como alternativa utilizar productos naturales ya que los microorganismos degradan con mayor rapidez a las saponinas una vez introducida en el agua y esto permite la reducción de la contaminación de las aguas evitando la muerte de especies acuáticas que habitan los ríos, quebradas, mares, etc. y además de ser una alternativa eco amigable con el ambiente en comparación con los detergentes convencionales.

1.2. Justificación de la investigación

El exceso de utilización de los detergentes convencionales genera una serie de problemas en la sociedad por la contaminación del medio ambiente; sus contenidos químicos y sintéticos suelen ser dañinos para la salud porque repercute contrayendo enfermedades como alergias, enrojecimiento de la piel o incluso intoxicarse con este producto. Además de que los compuestos químicos que contienen dichos productos sintéticos no se degradan tan rápido a comparación con la saponina natural extraída del *Sapindus saponaria* (Choloque) esto evitara que contamine menos las aguas de los ríos, quebradas, mares y toda fuente de agua que es utilizada para el lavado de enseres u otros. Dicho elemento natural se encuentra en los frutos y plantas.

La presente investigación pretende comparar las concentraciones de saponinas utilizando dos métodos de extracción como son Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica a partir de *Sapindus saponaria* y que a su vez permita realizar propuestas a implementar para futuros procesos de industrialización en los que puedan ser utilizados además de aportar nuevos conocimientos para la ciencia.

1.3. Antecedentes de la investigación

1.3.1. Antecedentes internacionales

- Xu et al., (2021), en su investigación denominada "Aumento de la producción de saponina extracelular después de la adición de rutina en la fermentación líquida de trufa y sus actividades antioxidantes", se propusieron evaluar la producción de saponina a través de la fermentación de *Tuber melanosporum* con adición de rutina; para lo cual, optimizaron el medio adicionando glucosa, peptona, KH_2PO_4, NaCl, vitaminas B2, B6, C y rutina (4.8g/L); con inoculaciones del 12.5% (v/v) 24°C, 190 rpm, pH 5.7 y un tiempo de 96 h. Obteniendo un contenido máximo de saponina de 0.41 g/L, superior en un 134.7% al del medio base. Demostrándose que la rutina es un promotor de saponinas que incrementó en un 50,2% comparado con el medio optimizado sin rutina.

- Chunyan Chen et al., (2021), en su investigación titulada "Extracción y purificación de saponinas de *Sapindus mukorossi*", se propusieron extraer saponinas a partir del pericarpio haciendo uso de disolventes, métodos de extracción, relación entre el material, líquido y el tiempo de extracción. Obteniéndose un rendimiento del 30,48% y una pureza del 61,38% mediante extracción acuosa por 4 h con una relación material-líquida de 1:6. Se fermentó para purificar las saponinas disminuyendo la concentración de 38.86 g L1 a 37.72 g L1 y la pureza de las saponinas aumentó a 78,97%. Concluyéndose que, la vida media de la espuma del ensayo fermentado es un 25.82% mayor que las producidas sin fermentación.

- Do et al., (2019). Realizaron una investigación denominada "Extracción de saponina de la piel de gleditsia y aplicaciones en detergente líquido para lavavajillas natural", donde se propusieron extraer saponina cruda mediante extracción Soxhlet. El mayor rendimiento de recuperación de saponina cruda fue el 31%, con una extracción durante 2 días, 85°C y etanol al 40%. La saponina obtenida se formuló de la siguiente manera: 9% saponina extraída, 5% coco-glucósidos, 1.5% carboximetilcelulosa, 0.05% aceite esencial pomelo, regulador de pH), se evaluó a través de color, olor, pH, viscosidad, capacidad de lavado y propiedades espumantes. Los resultados mostraron que este producto tiene propiedades de limpieza similares a los líquidos de lavado comercial.

- Thliza, Shanu, & Deshi, (2020). Realizaron una investigación titulada "Extracción de bio-base surfactante (Saponina) de plántulas de Cissuspopulnea de la ciudad de Gurhengwal, Askira/ Uba gobierno local del estado de Borno Nigeria", cuyo objetivo fue extraer saponina mediante el método gravimétrico de AOAC (1984) utilizando Soxhlet y acetona como disolvente para lo cual se utilizó 5gr de muestra pulverizada y se procesó en Soxhlet durante 3 horas; del extracto se evidencio las saponinas al agitar 5 g del extracto con 10 cm^3 de agua en un tubo de ensayo. Los resultados demuestran que su capacidad espumante y surfactante es significativa como detergente natural respecto a los clásicos comerciales.

1.3.2. Antecedentes Nacionales

- Campos (2018). En su trabajo de investigación denominado "Maximización de la reducción de saponina en escarificado de quinua (Chenopodium Quinoa Willd) por Abrasión aplicando superficie de respuesta", se propusieron a maximizar la reducción de saponina en quinua blanca, variedad Salcedo-INIA, en un escarificador de paletas aplicando el método de superficie de respuesta. Para el estudio de rendimiento de extracción de saponina se aplicó un arreglo factorial 3k. En los resultados se determinó que las variables estudiadas como son las revoluciones por minuto (rpm) y la carga (kg/h), los parámetros óptimos fueron: 700 rpm y 800 kg/h obteniendo un rendimiento de extracción máximo predicho de 99,20% y un rendimiento de extracción experimental de 99,61% en la prueba de validación.

- En Lima- Perú, Yarlequé (2016). En su tesis doctoral denominado "Aislamiento y caracterización bioquímica de compuestos fenólicos con actividad anticoagulante del extracto alcohólico de las hojas de *Oenothera rosea Aiton* "chupasangre"; se propusieron a aislar los principios activos fenólicos con actividad anticoagulante sobre el plasma humano y realizar su caracterización bioquímica Oenothera rosea, para lo cual se realizó el extracto alcohólico y se detectó en los resultados la presencia de fenoles, flavonoides, saponinas, glucósidos, taninos y el mecanismo de acción no es conocido aún, pero ambos podrían con facilidad donar un H ácido del anillo B a la His 57 del centro activo de las enzimas y formar enlace de H con la Ser inhibiendo la actividad enzimática y formando un complejo flavonoide-enzima.

- En Puno-Perú, Zarate (2016). En su tesis denominado “Evaluación del método de extracción sólido - líquido de la saponina de 5 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) su encapsulamiento y utilización en la alimentación”; suyo propósito fue extraer el sólido liquido de la saponina en la quinua utilizando el método de extracción-sólido concentrada a partir de 5 cultivares amargos de quinua (Chenopodium quinoa Willd), su encapsulamiento y utilización en la industria alimentaria. En sus resultados el rendimiento de extracción de saponina en el proceso sólido-líquido fue sobresaliente a los 40 minutos de agitación de 800 rpm. Es de destacar en la que el mayor rendimiento que presenta el afrecho de la quinua “chullpi” debido a su alto porcentaje de saponina, la cual sobresale con un rendimiento del 22,2 % de saponina.

- En Lima-Perú, Seijas Velásquez et al. (2021). En su trabajo “Determinación de parámetros operativos para la producción de extracto de saponinas de cucumis dipsaceus jaboncillo de campo, cuyo objetivo fue determinar parámetros temperatura, tiempo y relación de sólido/solvente en el proceso de producción de extracto de saponina. Se utilizó método extractivo empleando etanol de 70°C, por maceración. Por el método afrosimétrico se determinó la concentración de saponinas en el extracto, se pesó 0,5 g de muestra de cada uno de los 27 grupos experimentales y se procedió a colocarlos en tubos de ensayo en 6 concentraciones diferentes (240 mg/L, 360 mg/L, 480 mg/L, 600 mg/L, 720 mg/L y 840 mg/L) añadiendo 5,0 mL de agua destilada. Se agitó los tubos por un periodo de 30 segundos y se dejó en reposo por 30 min, luego se realizó la medición de la altura de la espuma con un gasto de la solución por cada concentración de 2.86 cm, 3.89 cm, 5.14 cm, 6.51 cm, 7.49 cm y 8.59 cm.

1.4. Bases teóricas

1.4.1. Saponina

Según Campos Napán, (2018) las saponinas son metabolitos secundarios que constituyen un grupo de glucósidos oleosos que está formada por una Sapogeninas llamada aglicona los cuales son solubles en agua produciendo espuma. Muchas de las variedades de plantas contienen este elemento, así como el ginseng, los frejoles,

la quinua, las pencas, la tingana y otros. Dichos compuestos activos se relacionan con las esterinas vegetales las cuales se relacionan con las estearinas vegetales por su característica principal de contener varios grupos de hidroxilos y uniones de éter y lactónicas, Ashour et al., (2019).

Según Rodríguez Alvarez (2016) existen diferentes tipos de saponinas:

- **Saponinas triterpenoides:** pertenecen al grupo de saponinas compuestas, la mayoría de los compuestos se encuentran en las plantas adaptogénicas que contienen glucósidos de saponina que es la unión de diferentes moléculas de azúcar a la unidad de triterpeno.
- **Saponinas Esteroidales:** Están menos distribuidas en la naturaleza y se encuentran en muchas familias monocotiledóneas (plantas que no tienen tallo que produce leña). Este tipo de saponinas se subdividen en dos grupos principales: los derivados del espirostano que son esteroides de origen vegetal que se obtienen por hidrólisis de las saponinas y los derivados del furostanol.

- **Sapogeninas espirostánicas:** la cadena lateral forma dos anillos adicionales (E y F) que están contenidos en planos perpendiculares entre sí. En estas el átomo de carbono común a los dos nuevos anillos está unido a dos átomos de oxígeno (estructura cetálica) por lo que a esta “cadena” lateral se le ha dado el nombre de cadena espirocetálica.

- **Sapogeninas furostánicas:** similares a las espirostánicas pero con el anillo F abierto.
- **Sapogeninas furoespirostánicas:** los anillos E y F tienen cinco miembros cada uno.

1.4.2 *Sapindus saponaria*

Según Carrascal Figueroa (2015) la *Sapindus saponaria* es un árbol caducifolio que pierde sus hojas en el tiempo de verano, dicho árbol se encuentra en diferentes partes del mundo y diferentes investigaciones afirman que existe la presencia de metabolitos secundarios en este árbol con capacidades biocidas. Las plantas en la mejor de las condiciones pueden alcanzar los 15 metros de altura con un promedio regular de 10 metros de altura. Las características contexturales del

árbol tiene la corteza lisa, grisácea, con protuberancias; sus ramas crecen vigorosamente dando una copa amplia. Sus hojas son compuestas, pecioladas, con un número par o impar de foliolos de forma oval a elíptica, lisos y de color verde brillante. Las flores aparecen en panículas terminales y axilares, pequeñas, de color blanco, con 5 sépalos y 5 pétalos ciliados, 8 estambres, anteras amarillas y un estilo central con estigma amarillo. Su fruto es una baya de color marrón brillante y pulpa melosa amarilla. En el interior de cada una de ellas se aloja una semilla redonda de color negro.

1.4.3 Propiedades de la saponina

Según Yerko Zuñiga, (2015), indica que las saponinas disminuyen la tensión superficial del agua y se disuelve rápidamente produciendo espuma, tiene un sabor fuertemente amargo y algunas de ellas tienden a ser toxicas, es un emulsificador de grasas y aceites. En el caso de la saponina en polvo la que se comercializa, es de color amarillo claro y causan una disminución del colesterol en el cuerpo, previniendo su reabsorción y aumentando su excreción evitando la oxidación del colesterol en el colon. Luo et al., (2020) menciona que previenen la degeneración del ADN y las proteínas protegiendo las células del daño de los radicales libres fomentando el crecimiento de bacterias buenas y disminuyendo las bacterias dañinas.

- **Propiedades químicas**

- Su característica química principal, es la conformación por grupos hidroxilos y uniones de tipo éter y lactónicas. Su estructura pertenece a la digitonina, una saponina muy común, en la figura 1, se presenta la estructura característica.

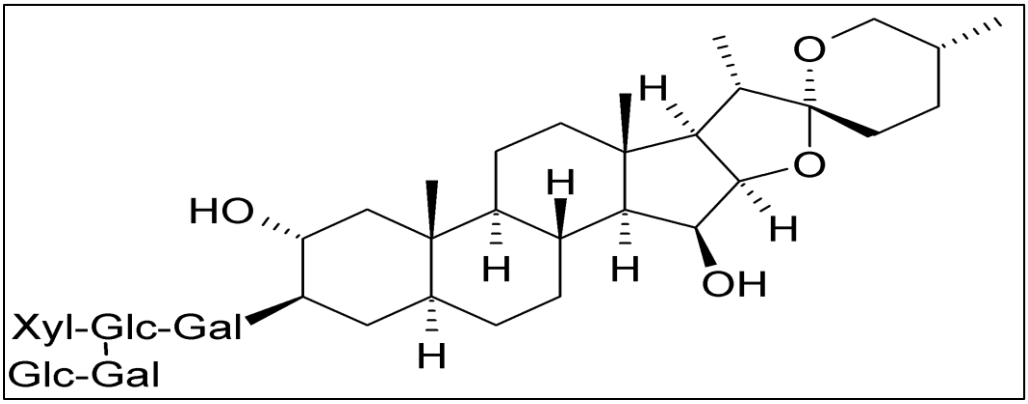


Figura 1. Estructura de la digitonina y sus grupos funcionales característicos.

(Fuente: Yerko & Cristian, 2015)

Están compuestas por azúcares y Sapogeninas. IUPAC 2015

La mayoría de las saponinas se ajustan a la fórmula general: CnH2n-8O10.

- **Características Químicas:**

- Solubilidad en agua: fácil
- pH: 5,0 - 6.0
- Tensión superficial: 32,86mN/m
- *HLB: 10,9 - 16
- CMC: 0.5%
- Peso molecular: 600 - 2700 Da.

Según la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) establece la nomenclatura de saponinas esteroides de se detallan en la tabla 1.

Tabla 1

Nomenclatura según la IUPAC para las saponinas.

R	R1	R2	R12	C-5	Nombre común
3GIu-1Ram	H	H	H	C-C	Sarsaporrillósido
3Giu	H	H	H	C=C	Dioscina
H	H	H	H	C=C	Diosgenina
H	OH	H	H	C=C	Ruscogenina
H	H	H	O	C-C	Hecogenina
H	H	H	H	C=C	Yamogenina
H	H	OH	H	C-C	Digitogenina

Fuente: Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, 2015

1.4.4 Biodetergentes

Gonzales Manzanero (2017) menciona que son productos químicos verdes que cuentan con un alrededor de 30% de la producción total de la enzima en todo el mundo. Los frutos de *Sapindus saponaria* poseen un alto contenido en saponinas (alrededor del 30%), sustancia que, al contacto con el agua, crea una espuma la cual se puede usar como detergente ecológico, natural y biodegradable.

Marcas comerciales elaboradas de productos ecológicos:

- Lavavajillas Sonett.
- Detergente Concentrado Sonett.

- Detergente Líquido de Lavanda Sonett.
- Ablandador de Agua Sonett.
- Jabón de Bilis.
- Jabón de Bilis Líquido.
- Producto Biológico de Tratamiento Activo Biodetergentes - BBA Biotech.

1.4.5 Detergentes

Según Del Rosario Lopez et al. (2017) sustentan que los detergentes son sustancias químicas que tienen la capacidad de deshacer o separar la suciedad que está en la superficie de un objeto sin corroerlo ni dañarlo y se les conoce como agentes limpiadores. Para que se les considere detergentes, deben eliminar tanto la grasa como la suciedad sin afectar a los tejidos. A diferencia de los jabones, los detergentes mantienen su capacidad limpiadora incluso en aguas duras. Esta capacidad los volvió sumamente populares para el lavado de ropa.

La estructura de los detergentes se compone de dos partes: una llamada lipofílica y la otra, hidrofílica; la parte lipofílica tiene afinidad con grasas y aceites que se encarga de ubicarlos cuando se aplica un detergente; y en cambio la parte hidrofílica tiene afinidad con el agua y le da a los detergentes la característica de mantener sus capacidades limpiadoras en el agua y por lo general se les atribuye a los detergentes la capacidad de modificar la tensión superficial del agua para llevar a cabo el proceso limpiador, Mohamed et al., (2018).

1.4.6 Clasificación de detergentes

Según Ahora Noticias (2019) los detergentes por la carga iónica de la parte superficialmente activa de la molécula, se clasifican en:

Tensoactivos:

- **Aniónicos:** Aquellos que en solución se ionizan, el grupo hidrófobo queda cargado negativamente.
- **Catiónicos:** En solución forman iones, resultados cargado positivamente el grupo hidrófobo de la molécula.
- **No iónicos:** Son anfóteros y se caracterizan por su cierta estabilidad molecular.

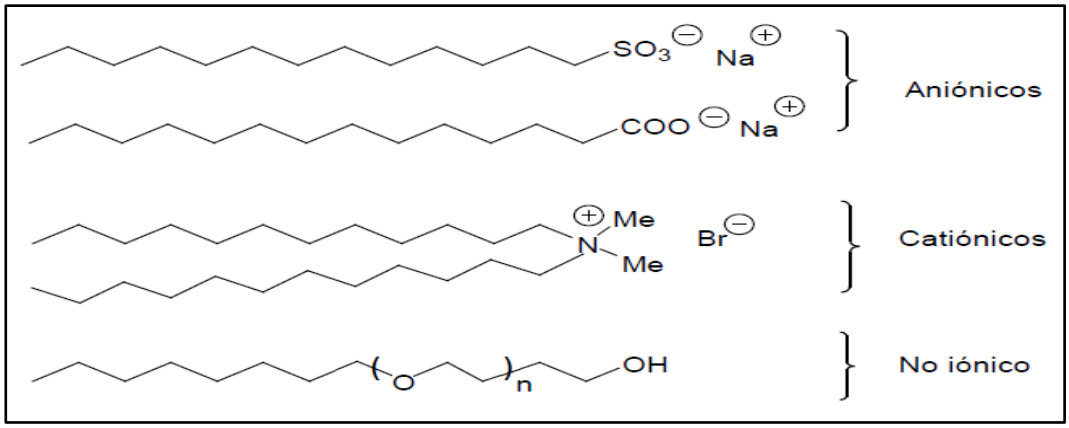


Figura 2. Diferencia entre los tipos de detergentes. (Fuente: Fernández, Deluca, & Du Mortier, 2010).

1.4.7 Biotecnología y bioingeniería

Según Del Rosario Lopez et al. (2017) indica que la biotecnología es toda aplicación tecnológica que utilice sistemas de estas características y organismo vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Utilizando materia prima que nos proporciona la naturaleza así como sus tallos, hojas frutos que contienen una serie de sustancias químicas naturales que nos permiten investigar a fondo sus propiedades y por lo tanto su experimentación para luego crear un nuevo producto, nuevos descubrimientos para la ciencia para combatir una serie de problemas en la salud o erradir la contaminación mediante la creación de productos como los detergentes u otros que sean amigables con el planeta disminuyendo la contaminación para los suelos, agua, aire, etc.

Según la revista Mas educación (2018) menciona que la bioingeniería es aquel en la que se utilizan los principios y herramientas de la ingeniería, ciencia y tecnología a los sistemas vivos, con la finalidad de resolver una serie de problemas críticos. Por otra parte, la bioingeniería se basa en el descubrimiento y aplicación de nuevos principios de ingeniería contando con la biología como base científica.

1.4.8 Importancia de la biotecnología

Según la revista CropLife Latin America, (2019) indica que las aplicaciones de la biotecnología son múltiples y variadas e incluyen áreas como salud humana y animal, industria alimenticia, agropecuaria, forestal y biocombustibles. Por un lado, en el campo de la salud se están estudiando y/o aplicando tecnologías que facilitan

el desarrollo de innovadores enfoques terapéuticos y diagnóstico, así como nuevas vacunas y anticuerpos monoclonales para combatir el cáncer y enfermedades autoinmunes. En el sector de agroalimentos, el desarrollo de nuevos productos permite y permitirán aumentar la producción global y alimentar a la creciente población mundial. Por otra parte, uno de los principales desafíos para el futuro es el reemplazo de las fuentes no renovables de energía. Al mismo tiempo, la biotecnología aplicada a la genética vegetal permitirá aumentar la productividad de los cultivos para mantener el liderazgo mundial en la producción y exportación de proteínas.

1.4.9 Métodos de extracción de saponinas para análisis

1.4.9.1 Extracción de saponinas mediante *Agaricus bisporus.*

Según Ulloa Heras (2018) menciona que para realizar la extracción de saponinas mediante el método de *Agaricus bisporus* se necesita adquirir comercialmente dicho producto para luego pasar por un proceso de secado en una estufa a una temperatura de 60 ºC, hasta la obtención de un peso constante. Luego se procede a moler la muestra, se pesa 5 gr. de la muestra seca y molida y se coloca en un tubo de ensayo, añadiéndole 6 ml de etanol al 75%; y puesto a hervir por 15 minutos. Se filtra y el extracto etanólico se evapora a sequedad, con la finalidad de realizar el test afrosimétrico y las pruebas de identificación de las saponinas.

1.4.9.2 Método de análisis por el ensayo de hemólisis

Según Huaman Viera & Gabriela, (2018) indica que para los ensayos de hemólisis se requiere de sangre para la preparación de una suspensión de glóbulos rojos, se centrifuga a 3000 rpm durante 3 minutos utilizando una microcentrífuga Spectrafuge 16M (Labnet) y se desecha el plasma. Posteriormente se realizan lavados del paquete globular utilizando buffer de fosfatos salino 0.15 M, pH 7.4 estéril y se prepara una suspensión de Glóbulos Rojos al 2% (v/v) utilizando el mismo buffer. Los extractos para realizar la detección de saponinas por actividad hemolítica se realizan por ebullición de 10 minutos y son esterilizados mediante filtración. Para estimar el grado de hemólisis se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%\ Hémólisis = \frac{Abs\ muestra - Abs\ control\ neg}{Abs\ control\ pos - Abs\ control\ neg} x\ 100$$

Donde:

Abs muestra es la absorbancia correspondiente al sobrenadante de una muestra.

Abs control neg es la absorbancia del sobrenadante de la muestra que contiene PBS y 1 mL de suspensión de GR.

Abs control pos es la absorbancia del sobrenadante de la muestra que contiene saponinas de Q. Saponaria al 0.05% y 1 mL de suspensión de Glóbulos Rojos.

1.4.9.3 Aislamiento de las saponinas mayoritarias de las especies evaluadas

Según Huaman Viera & Gabriela (2018) a grandes rasgos, en esta serie de experimentos se obtienen saponinas a partir de semillas de Tingana 5 g de estas saponinas se suspenden en 21 mL de etanol, después se agrega 5 g de sílica gel y esta mezcla se lleva a un rotavapor para eliminar el alcohol. El polvo resultante generalmente se denomina “cabeza de columna” y también se utiliza para el aislamiento cuando se consigue la fase estacionaria ideada al inicio del proyecto, que fue el Sephadex LH-20

1.4.9.4 Extracción de saponinas mediante el método Soxhlet.

Rodríguez Canosa (2008) menciona que el método de extracción de las saponinas mediante Soxhlet fue desarrollado en 1879 y se considera la técnica más antigua de extracción, pero hasta hoy en día es usada como método de referencia y se evalúa el rendimiento de extracción en comparación a otros métodos actuales. Es un método que fue admitido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) y se puede encontrar como método 3540C.

Carrillo Gualancañay (2019) indica que de acuerdo con la EPA el método de extracción Soxhlet sirve para extraer compuestos orgánicos no volátiles. En sí el equipo Soxhlet se compone de un material de vidrio, el cual arrastra compuestos contenidos en un sólido de naturaleza lipídica y se considera un método de extracción sólido-líquido con el objetivo de separar compuestos de fuentes naturales utilizando un tipo de disolvente

1.4.9.5 Extracción de saponinas mediante el método de una mezcla hidroalcohólica

Avelino Flores et al., (2019) corroboran con la información argumentando que la extracción de saponinas mediante el método de mezcla hidroalcohólica te permite obtener extractos líquidos concentrados, obtenidos de la extracción de una planta o parte de ella, utilizando como solvente alcohol y agua. Presentan sedimento, color y aroma característicos de la planta de la cual se obtienen. La cantidad necesaria para obtener mejores concentraciones es a partir de un kilo de la materia prima a utilizar por lo tanto de ello se obtiene 1 litro de extracto.

1.4.10 Métodos de evaluación de saponinas

1.4.10.1 Prueba de Liebermann – Burchard: Attah Alfa et al., (2019) menciona que en este método se toma una pequeña cantidad del extracto y se añade 2 ml de anhídrido acético; 2 ml de cloroformo para luego ser enfriada a 0 ºC. Se añade 2 gotas de ácido sulfúrico y cuando la reacción es positiva se puede notar una coloración azulada que luego pasa al color anaranjado para volverse verde.

1.4.10.2 Prueba de Salkowski: Es esta prueba se toma una pequeña cantidad del extracto y se le añade 2 ml de cloroformo y 2 ml de ácido sulfúrico. Cuando la reacción es positiva la coloración es anaranjada, Ulloa Heras (2018).

1.4.10.3 Prueba del a naftol: Usiña Estrada (2017) indica que en un tubo de ensayo se coloca una pequeña cantidad de extracto alcohólico seco y se añade 2 ml de etanol y 2 gotas de solución 0.1% de a – naftol adicionándose por la pared del tubo de ensayo 2 ml de ácido sulfúrico. Cuando la reacción es positiva en la interfase se forma un anillo de color violeta.

1.4.10.4 Test afrosimétrico: Usiña Estrada (2017) además menciona que se toma la cuarta parte del extracto etanólico seco en un tubo de ensayo y se añade 5 ml de agua destilada, se calienta al BM hirviente por 2 minutos, se agita vigorosamente observándose la aparición de espuma muy persistente; la persistencia en minutos de la espuma se califica con cruces: 5 - 20 min. (+); 20 - 25 min. (++); 30 - Más (+++).

1.4.10.5 Índice afrosimétrico: Llontop López & Rojas Ontaneda (2018) indican que es el número que expresa el volumen en cm^3 en que está disuelto un gramo de material saponínico para producir espuma de un centímetro de altura en un tubo de 16 mm, de diámetro que contiene 10 ml de solución. Este método de evaluación de saponinas está basado en la propiedad fisicoquímica que presentan las soluciones acuosas de saponinas, de disminuir la tensión superficial de los líquidos acuosos, provocando abundante espuma por agitación. En esta medida es preciso efectuarla en determinadas condiciones para que pueda tomarse como base analítica. Para determinarlo se procede primero a preparar un lixiviado de la muestra al 0.5%. Se tomaron 10 tubos del mismo diámetro (16 mm) y se coloca 1 ml. de la solución de la muestra en el primer tubo; 2 ml en el segundo tubo; 3 ml en el tercer tubo y así sucesivamente hasta llegar a 10 ml, en el décimo tubo se agita un minuto y se deja en reposo a los tubos por 15 minutos al cabo de los cuales se observa en que tubo la espuma alcanza 1 cm de altura (medida convencional). Si este índice es inferior a 20 puede decirse que la muestra prácticamente no contiene saponinas.

1.4.10.6 Índice hemolítico: Huaman Viera & Gabriela (2018) mencionan que es el número que expresa en ml el volumen en que está disuelto un gramo de droga para producir hemólisis a su máxima dilución y para determinar se prepara una suspensión de glóbulo rojos, lavados en centrífuga con solución de cloruro de sodio al 0,9% de manera que contenía 2 ml de sangre en 100 ml de solución salina. Se hace lixiviación de la muestra para obtener un soluto al 1 x 100. Se toman 11 tubos y se coloca en el primer tubo 0.1 ml de la solución de saponina; en el segundo 0.2 ml, en el tercero 0.3 ml y así sucesivamente hasta llegar a 1 ml; en el tubo Nº 10; en el tubo Nº 11 no se coloca solución de saponina para que sirva de testigo. Se agrega a todos los tubos solución salina para completar 5 ml y 5 ml de suspensión de glóbulos rojos, mezclándolos y después de 15 horas se observa el comienzo de producirse hemólisis. En los tubos en que no se han efectuado hemólisis los glóbulos rojos sedimentan, quedando el líquido incoloro o ligeramente coloreado.

1.5 Definición de términos básicos

- Extracción: Avelino Flores et al., (2019) menciona que es un proceso que te permite obtener extractos líquidos concentrados, obtenidos de la extracción de una planta o parte de ella, utilizando como solvente alcohol y agua.

- Maceración: Hualpa Choque (2019) indica que el proceso de maceración consiste en dejar durante un tiempo una parte de una materia prima para extraer de ellas las partes solubles.

- Solventes: Augustyn, (2019) menciona que es una sustancia, normalmente líquido, en el que otros materiales se disuelven para formar una solución. Los compuestos orgánicos utilizados como disolventes incluyen compuestos aromáticos y otros hidrocarburos, alcoholes, ésteres, éteres, cetonas, aminas e hidrocarburos nitrados y halogenados. Sus principales usos son como medios de síntesis química, como limpiadores industriales, en procesos extractivos, en productos farmacéuticos, en tintas y en pinturas, barnices y lacas, Špadina et al., (2019).

- Bencina: El éter de petróleo o bencina es una mezcla de disolventes orgánicos, apolares, inflamable, incoloro, volátil y se obtiene por la destilación del petróleo. Se compone de hidrocarburos alifáticos (pentano/hexano). Es un solvente no polar disuelve grasas y tiene una fórmula molecular $(C_2H_5)O$, insoluble apolares e hidrofóbicos, Bolívar, (2020).

- Biodegradable: Es aquel que puede ser descompuesto por bacterias u otros organismos naturales como microbios (bacterias, hongos, etc.) y no contaminar al ambiente ya que todo el proceso es natural y se da de forma rápida, por lo tanto, los problemas ambientales y los riesgos causados por los desechos biodegradables son bajos, Khalil & Liu, (2021).

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Hipótesis de la investigación

2.1.1 Hipótesis nula

H_0: La concentración de saponinas extraídas a partir de *Sapindus saponaria* mediante el método Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica son iguales.

2.1.2 Hipótesis alterna

H_1: La concentración de saponinas extraídas a partir de *Sapindus saponaria* mediante el método Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica son diferentes.

2.2 Sistemas de variables

- Dependiente : Concentración de la Saponina
- Independiente : Métodos de extracción de Saponinas

2.3 Operacionalización de variables

Definición conceptual: Concentración de la saponina

Son las cantidades de la saponina que se extrae de un determinado fruto, tallo, flores, hojas, etc. la cual son compuestos orgánicos que se encuentran en diversas plantas y alimentos. Estos compuestos son metabolitos secundarios y son grandemente distribuidos en las plantas en las que se presentan en forma de glucósidos. Estas sustancias acuosas al ser agitadas forman una espuma estable y abundante.

Definición conceptual: Métodos de extracción de saponinas

Son todos los procedimientos que se realizan con la finalidad de obtener el compuesto principal que es la saponina.

Tabla 2
Operacionalización de las variables.

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Independiente: Métodos de extracción de Saponinas	Soxhlet: Es el método que sirve para extraer compuestos orgánicos no volátiles solido-liquido de fuentes naturales utilizando un tipo de disolvente. Mezcla hidroalcohólica: Es un método que te permite obtener extractos líquidos concentrados de una planta o una parte de ella.	Modelos de equipos. Frecuencia de la extracción. Tiempo de extracción.	Equipos analógicos/digitales. Baja, media y alta extracción. Corto tiempo, tiempo medio o tiempo extenso.	Nominal: analógicos/digitales. Cualitativa: Baja, media y alta extracción. Cuantitativa continua: Días, horas, minutos, etc.
Dependiente: Concentración de saponinas	Las saponinas están relacionadas con las esterinas vegetales por su característica principal de contener varios grupos de hidroxilos y uniones de éter y lactónicas.	Pool de compuestos de naturaleza triterpenoides, esteroidales, espirostánicas, furostánicas y furoespirostánicas.	Alta concentración. Baja concentración.	Cuantitativa/continua: mL/g, mL/Kg, etc. Cuantitativa/continua: mL/g, mL/Kg, etc.

Fuente: Elaboración propia, Tarapoto 2021.

2.4 Tipo y nivel de investigación

2.4.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta lo establecido por Hernández, et al. (2015), la presente investigación, según el **propósito o finalidad que se persigue** corresponde al tipo de investigación **Básica,** este tipo de investigación se caracteriza porque tiene como

finalidad la obtención y recopilación de información para ir construyendo una base de conocimiento que se va agregando a la información previa existente.

2.4.2 Nivel de investigación.

Según Egg (2017) el nivel de la presente tesis es **exploratorio**, ya que este nivel de investigación se plantea cuando el objetivo es examinar un tema o un problema poco estudiado. Básicamente se trata de una exploración o primer acercamiento que permite que investigaciones posteriores puedan dirigirse a un análisis de la temática tratada.

2.4.3 Diseño de investigación

Teniendo en cuenta lo establecido por Pulpón Segura et al., (2001) el diseño de investigación de la presente tesis corresponde al tipo **experimental transversal**; teniendo en cuenta que en este tipo de investigación, el investigador selecciona una muestra y según el principio del diseño el investigador puede manipular a la variable independiente para luego observar o analizar la dependiente considerada como variable respuesta.

Es así que, en la presente investigación se pretende evaluar cuál de los métodos de extracción permite obtener mayor concentración de saponinas en un tiempo de 1 a 3 horas aproximadamente según el principio de cada método tales como 6 repeticiones por cada muestra y método para tener mayor precisión de los resultados **(Ver Tabla 5).**

$$\mathbf{M \rightarrow O_1 \rightarrow r \rightarrow O_2}$$

Donde:
M = Muestra.
O_1 = Variable independiente.
O_2 = Variable dependiente.
r = Relación.

Figura 3. Esquema del diseño de investigación experimental transversal.
(Fuente: Pulpón Segura et al., 2001).

2.5 Población y muestra

Población.

6 kg de los frutos de *Sapindus saponaria*.

Muestra.

Saponinas factibles de ser extraídas mediante el método de Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica de los frutos de *Sapindus saponaria*.

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumento de recolección de datos que se utilizaran en la presente investigación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3
Técnica, instrumentos, su alcance y su fuente correspondiente.

Técnica	Instrumento	Alcance	Fuente o colaboradores
Muestreo simple.	GPS-Garmin Oregón 650.	Ubicación geográfica.	Sistema de Posicionamiento Global.
Muestreo simple.	Soxhlet.	Concentración de saponinas.	Laboratorio de Química de la UNSM.
Muestreo simple.	Extracción química	Concentración de saponinas.	Laboratorio de Química y Biología Molecular de la UNSM.
Formato	Formatos de recolección de datos.	Transcribir datos de evaluación.	Libros, revistas, documentos, etc.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

2.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La técnica utilizada fue:

Programa Excel, programa estadístico SPSS para la prueba de homogeneidad mediante la prueba t el cual permite aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_o) o alterna (H_i) y finalmente el proceso estadístico correlacional de Pearson para saber la concentración real de la dilución.

2.8 Materiales y métodos

2.8.1 Materiales

Tabla 4
Materiales empleados en el desarrollo del proyecto

Materiales	Marca y modelo
Tijera	Bochem™ 165 mm
Bitácora	Cuaderno espiral 100 hojas
Lapiceros	Pilot BPS-GP azul
Formatos de campo	Papel bond x 85 gr
Formatos de laboratorio	Papel bond x 85 gr
Papel Craft	Canson® Kraft
Papel toalla	Elite Ultra Mega x Roll
Papel Aluminio	Aluminium Foil 30cm x 5m x 0.01mm
Guantes de Nitrilo	Begut Talla M Caja x 100 unid. color blanco.
Tubos de Ensayo	Pyrex 15 cm x 10
Fiolas	Pyrex 100 mL x 2 unidades
Probetas	Pyrex 500 y 1000 mL
Papel filtro	Whatman de grado 40, de 8 µm
Vaso de Precipitación	Pyrex 250, 500 y 1000 ml
Bagueta	S/M 20 cm x 2 unidades
Pinzas	Fisher 3 brazos (DX5230C), ajustable + nuez
Matraz base redonda aplanado	Pyrex 1000 ml
Frutos de Choloque	*Sapindus Saponaria* (Choloque) x 6 kg
Mascarillas	3M KN 95
Espátula	Fisherbrand™ acero inoxidable
Termómetro industrial	Boeco - Escala 10 - 250 °C
Pera de Caucho	BRIXCO Flip 3 vías
Pera de decantación	Pyrex 250 ml
Piseta	S/M 250 ml
Pipeta	Pyrex 10 y 20 ml
Hilo pabilo	S/M x 20 g
Goma liquida	Artesco x 250 g
Soporte universal con base	Fisher ML-77
Mortero de porcelana con pistilo	S/M x 100 mm
Guardapolvo	S/M talla M x 1 unidad

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 5
Equipos empleados en el desarrollo del proyecto

Equipos	Marca y modelo
Centrifuga	Kubota 06 Tubos PLC-02 hasta 4500 RPM
Equipo Soxhlet	Pyrex 250 mL
Laptop	HP 348 G7 I7
Cámara fotográfica	Canon EOS 5D Mark IV DSLR - with 24-105mm f/4L II Lens
Estufa	Memmert Modelo Be 20
Balanza Electrónica	GREETMED. MODELO: XY300-2C
Plancha de Calentamiento	GIMA STAR 500D
Refrigeradora	Samsung RS65R5681M9 602 litros
GPS	GARMIN MODELO: GPSMAP 64S
Peachímetro Digital	Hanna pantalla, ph-009 III

Fuente: Elaboración propia 2021.

Tabla 6
Reactivos empleados en el desarrollo del proyecto

Equipos	Reactivos
Agua Destilada	DIAGTEST x 1000 ml
Etanol	Alkofarma 70% x 1000 ml
Ácido Clorhídrico	S/M 0.5 M x 100 ml
Hidróxido de Potasio	MOVILAB Pellets x 250 gr
Metanol	S/M x 1000 ml
Bencina	ORIENTAL x 1000 ml

Fuente: Elaboración propia 2021.

2.8.2 Métodos

La presente investigación se desarrolló en tres etapas, las mismas que se describen a continuación:

ETAPA I: Gabinete inicial

- Se consultaron revistas, artículos indexados, tesis, libros y otros que permitan obtener la información confiable necesaria para la ejecución del presente trabajo.
- Se gestionó para acceder al laboratorio de Química de la Escuela Profesional de Agroindustrial y al laboratorio de Biología molecular de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Martín.

- Se gestionó para la adquisición de equipos y materiales del laboratorio de Química de la Escuela Profesional de Agroindustrial y del laboratorio de Biología molecular de la Universidad Nacional de San Martín.
- Se elaboró formatos de campo, laboratorio y otros necesarios para la obtención de los resultados de la presente investigación.
- Se elaboró mapas, cadenas de custodia, lista de chequeo y otros instrumentos necesarios para desarrollar la investigación.

ETAPA II: Campo y laboratorio

Campo

- Se realizó una primera visita de campo a lugares endémicos de la tingana en la región San Martín, a fin de referenciar los especímenes de los cuales se obtendrán los frutos necesarios para desarrollar el proyecto.
- Haciendo uso de GPS se tomó los puntos de donde se ubican los especímenes, los mismos que fueron registrados en el formato de campo (**Ver anexo 1**).
- En una segunda visita de campo se procedió a la cosecha de los frutos de tingana, teniendo en cuenta ciertas características de maduración (color marrón intenso brillante y una pulpa melosa amarillenta), los frutos fueron depositados en bolsas de papel Kraft hasta conseguir una masa de 6 Kg aproximadamente.
- Las bolsas fueron rotuladas, indicando el lugar, estación del año, fecha, hora, características de la planta entre otros datos; posteriormente se transportaron al laboratorio de química de la Universidad Nacional de San Martin bajo condiciones ambientales.

Laboratorio

En el laboratorio, con los frutos de la tingana se procedió a extraer las saponinas mediante dos métodos, los mismos que se describen a continuación:

Método 1: Extracción de saponinas mediante el método de mezcla hidroalcohólica

- A partir de la muestra, se tomó tres (03) kilogramos para ser triturados y desmenuzados, a fin de obtener el pericarpio (cascará de la semilla); del contenido final, se determinó su masa, la cual fue dividida en tres porciones.
- En 3 matraces de Erlenmeyer de 1 litro y limpios, se colocó cada una de las porciones obtenidas y fueron aforadas con una mezcla hidroalcohólica a un litro (concentración

de 70/30: etanol/agua), cerrando la boca del matraz con papel aluminio y sujetados con ligas, dejamos macerar por 5 días a temperatura ambiental.

- Se tuvo en cuenta los siguientes factores: tiempo de maceración, relación porcentual de alcohol/agua y la relación masa de cáscara/volumen del solvente.
- La separación de las impurezas se realizó mediante precipitación natural de las partículas (dejamos reposar por un periodo 24 horas), luego se decantó el sobrenadante para ser concentrado por desecación haciendo uso de una placa calefactora a 90°C.
- El concentrado fue disuelto en etanol acuoso al 70 %. Se añadió igual volumen de bencina saturado con etanol al 50 %; se agitó vigorosamente y se centrifugó la mezcla a 450 rpm por un lapso de 8 minutos.
- El proceso, se repitió 2 veces y en cada caso se eliminó la fase bencénica con las grasas y pigmentos extraídos. La fase hidroalcohólica se evaporó hasta la sequedad y se obtuvo un material de color pardo oscuro de 320 mL que corresponde al crudo de saponinas.
- La saponificación se realizó según el procedimiento descrito por Segal et al. (1970), que consiste en 200 mL del crudo de saponinas, el mismo que fue disuelto en 10 mL de etanol al 50 %.
- A esta disolución se añadió 1 mL de solución de hidróxido de potasio 1mol/L en metanol, y se realizó reflujo durante 3 horas.
- La muestra se colocó en un vaso precipitado de 250 mL y sellado con papel aluminio con una mezcla final de saponina de 100 mL.
- La solución se refrescó y se acidifico ligeramente con una solución de ácido clorhídrico 0,5 mol/litro y se evaporó el solvente con una corriente de aire a temperatura ambiental.

Método 2: Extracción de saponinas mediante Soxhlet

- A partir de la muestra, se tomó tres (03) kilogramos para ser triturados y desmenuzados, a fin de obtener el pericarpio (cascará de la semilla); del contenido final, se determinó su masa.
- Luego se realizó la extracción que consistió en la separación de los principios activos (saponinas) a partir de tejido (pericarpio) de los frutos procesados, mediante el uso de solventes selectivos.

- Se empleó el equipo Soxhlet, el cual consta de una manta de calentamiento, un matraz de base redonda aplanado con cuerpos de ebullición, un refrigerante, cuerpo extractor, mangueras y un soporte o cartucho.
- Con el equipo limpio y seco, previamente higienizado con abundante agua destilada y detergente neutro se eliminó los agentes contaminantes.
- Se procedió a montar el equipo en un soporte universal, colocándolo sobre la manta de calentamiento el matraz en el cual se depositaron los cuerpos de ebullición (retazos de tubos capilares),
- Se preparó la solución de solvente mediante extracción por reparto (70% de bencina + 30% de agua), se añadió un volumen de esta muestra previamente calculando la capacidad del extractor.
- Sobre la boca del balón se instaló el cuerpo extractor en donde va el cartucho o soporte con 25 g de muestra previamente procesada envuelto a papel filtro de 0.5 mg y amarrados con hilo pabilo, según la obtención de la alícuota. Por sobre el cuerpo extractor se monta el refrigerante, al cual se conectan dos mangueras, una para la entrada del agua y la otra para su evacuación.
- Una vez instalado el equipo se procedió a la extracción para lo cual se tuvo aperturada la llave que regula la entrada de agua al sistema e iniciar la circulación del refrigerante, posteriormente iniciar el funcionamiento de la manta calentadora (temperatura que facilite la ebullición del solvente) para que el solvente empiece a evaporarse y por tanto dar inicio a la extracción del principio activo de la muestra.
- El proceso se llevó a cabo hasta alcanzar unas cuatro (04) sifonadas, teniendo en cuenta siempre el solvente que debió estar en mayor concentración volumétrica en el valor, para luego apagar el equipo hasta que este se enfríe y luego desmontarlo.
- Con ayuda de pinzas se extrajo el cartucho o soporte. Para luego, proceder a montar el sistema e iniciar la extracción hasta culminar con la alícuota procesada.
- Después de todo el proceso de extracción se obtuvo un extracto de 100 ml de saponina crudo y luego se procedió a descargar el equipo y se colocó en una probeta de 250 ml previamente limpio y seco; se etiquetó y envolvió toda la probeta con papel aluminio, se guardó en un lugar oscuro para evitar incidencia de la luz.

En el desarrollo de la investigación, se realizó 6 repeticiones por cada muestra según metodología a realizar los mismos que se describen a continuación:

Tabla 7
Esquema de la metodología en el estudio.

Repeticiones	Método	
	Soxhlet	Mezcla hidroalcohólica
R1	M1	M1
R2	M2	M2
R3	M3	M3
R4	M4	M4
R5	M5	M5
R6	M6	M6

Fuente: Elaboración propia, 2020.
Nota: R: *Repeticiones*
M: *Muestra*

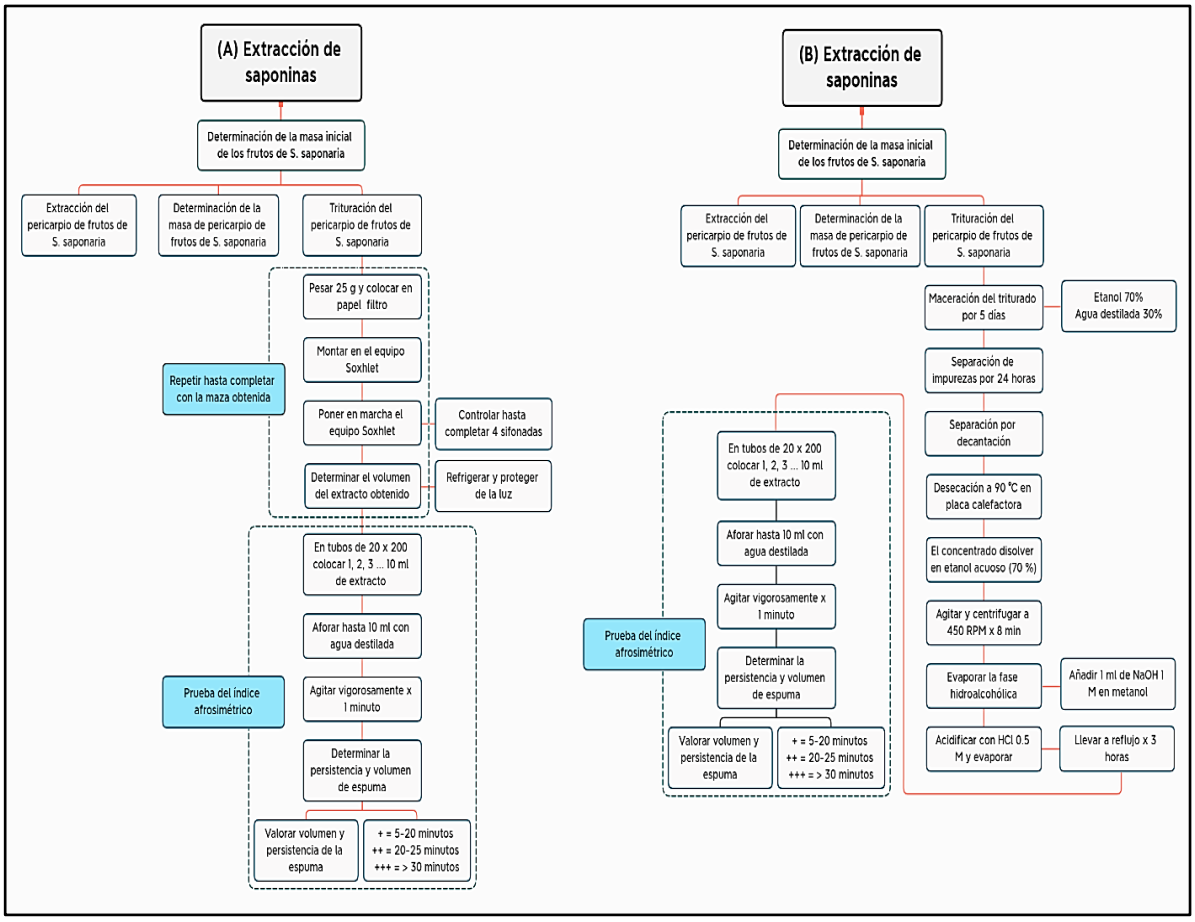


Figura 4. Procedimiento para extraer saponinas (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica).
Fuente: Autor, Tarapoto, 2021.
Nota: *Métodos A*: *Soxhlet y B: Mezcla hidroalcohólica.*

Evaluación del contenido extraído de la *Sapindus saponaria* (Saponina) mediante el Índice Afrosimétrico (Prueba de Espuma).

- Unas ves que se obtuvo la saponina a través de los dos métodos de extracción se procedieron a realizar la evaluación de volúmenes en centímetros cúbicos.

- Se tomaron 20 tubos del mismo diámetro (16 mm) para cada método de extracción (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica) y se colocó 1 mL de la solución de la muestra en el primer tubo, 2 mL, en el segundo tubo, 3 mL, en el tercer tubo y así sucesivamente hasta llegar a 10 mL, en el décimo tubo.
- Se completó a 10 mL, con agua destilada en todos los tubos, se agitó un minuto y se dejó en reposo a los tubos por 15 minutos al cabo de los cuales se verifica en qué tubo la espuma alcanza 1 cm, de altura (medida convencional).
- Si este índice es inferior a 20 mL puede decirse que la muestra no contiene saponinas.
- Si este índice es superior a 20 mL puede decirse que la muestra contiene saponinas en gran cantidad.
- Observándose la aparición de espuma muy persistente; la persistencia en minutos de la espuma se califica con cruces: 5 - 20 min. (+); 20 - 25 min. (++); 30 - Más (+++)

ETAPA III: Gabinete final

- Los datos registrados correspondientes a cada uno de los ensayos (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica) fueron organizados y sistematizados en Excel del paquete Microsoft Office 2016.
- Posteriormente se procedió al análisis estadístico, previa prueba de homogeneidad mediante la prueba t y finalmente el proceso estadístico correlacional de Pearson.
- Uso de figuras y tablas con valores medios, número de casos y algún indicador de la variabilidad de los datos.
- Estudio y redacción de la propuesta a implementar.
- Interpretación de los resultados obtenidos, en función a la hipótesis inicial y en función de los antecedentes de otros investigadores.
- Explicación de los resultados considerando las explicaciones alternativas a los fenómenos descritos y la coherencia con el resto de trabajos realizados en el mismo campo.
- Sugerencia de nuevas posibilidades de investigación.
- Elaboración del informe final y sustentación.

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

3.1.1. Volúmenes extraídos según el método de Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica

Tabla 8
Volumen del extracto de saponinas según el método de extracción

Tratamiento	M. hidroalcohólica			Soxhlet		
	Biomasa inicial	**Biomasa procesada**	**Extracto (mL)**	**Biomasa inicial**	**Biomasa procesada**	**Extracto (mL)**
1	3000.025	1863.510	320.14	3000.010	1863.510	100.55
2	3000.015	1860.641	318.11	3000.015	1860.641	99.71
3	3000.027	1865.433	322.54	3000.027	1865.433	98.19
4	3000.011	1860.001	318.43	3000.011	1860.001	100.35
5	3000.018	1861.012	319.22	3000.018	1861.012	97.98
6	3000.026	1865.002	321.85	3000.026	1865.002	99.85
Promedio			320.05±0.49			99.44±1.21

Fuente: Autor, Tarapoto, 2021, SPSS.

Interpretación

En la tabla 8, se muestra los resultados correspondientes a los volúmenes de las saponinas extraídas en cada uno de los 06 tratamientos a partir de los frutos de *Sapindus saponaria* haciendo uso de una de una mezcla hidroalcohólica y el método de extracción Soxhlet; alcanzando en el primer caso a un volumen promedio de extracción de 320.05 ± 0.49 mL y en segundo 99.44 ± 1.21 mL.

Los frutos maduros de *Sapindus saponaria*, posterior a la trituración pasaron por una serie de procesos, según las marchas correspondientes para cada uno de los métodos de extracción (mezcla hidroalcohólica y Soxhlet).

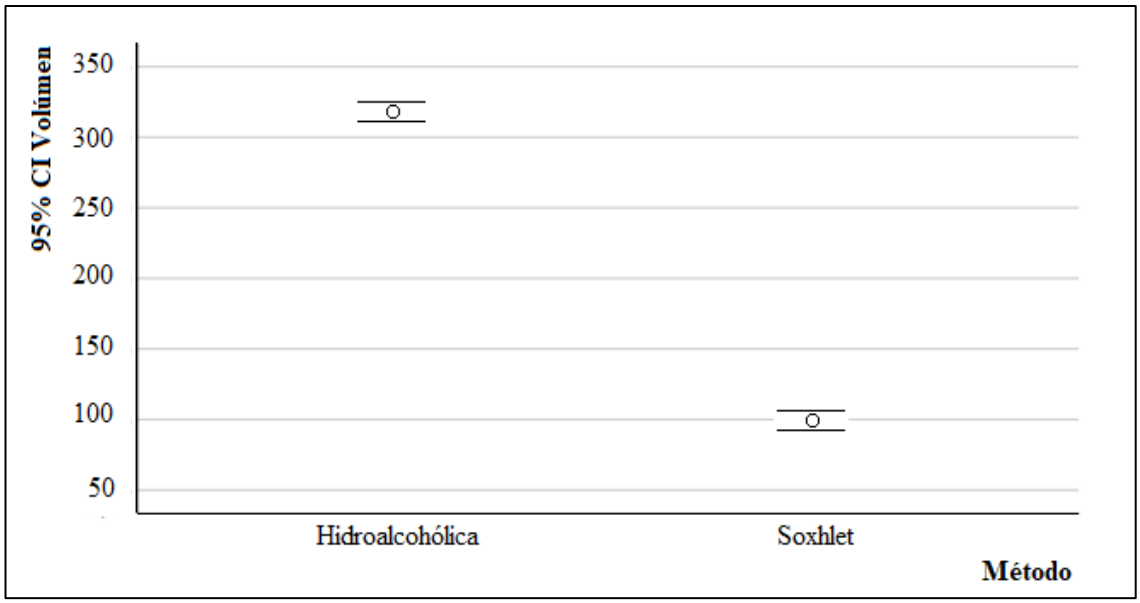


Figura 5. Volúmenes extraídos según el método de Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica. (Fuente: Autor, Tarapoto, 2021, SPSS).

Interpretación

En la figura 5 se presentan los volúmenes de los extractos obtenidos mediante dos métodos diferentes, como son, la utilización de una mezcla hidroalcohólica y el método Soxhlet, a partir de 3 kg de fruto seco de *Sapindus saponaria*; los volúmenes obtenidos fueron 320 mL utilizando una mezcla hidroalcohólica y 100 mL mediante el método Soxhlet.

Tabla 9
Prueba de muestras independientes

	prueba t - igualdad de medias	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Asumiendo varianzas iguales	254.623	10	0.000	220.61000	218.67950	222.54050
Sin varianzas iguales	254.623	8.206	0.000	220.61000	218.62074	222.59926

Fuente: Autor, Tarapoto, 2021, SPSS.

Interpretación

En la tabla 9, se muestra los resultados correspondientes a la prueba t para muestras independientes, donde se obtiene que la significancia bilateral es 0.000 ($p < 0.05$) con un 95 % de confianza; lo cual nos permite interpretar que los volúmenes de los extractos obtenidos mediante los dos métodos (mezcla hidroalcohólica y Soxhlet) son estadísticamente diferentes.

3.1.2. Correlación entre el contenido de saponinas según el método de extracción

El ensayo afrosimétrico para determinar el contenido de saponinas (cm), se realizó a partir de una serie de diluciones: volumen del extracto de saponinas/agua destilada (1 mL/9 mL, 2 mL/8 mL, 3 mL/7 mL, 4 mL/6 mL, 5 mL/5 mL, 6 mL/4 mL, 7 mL/3 mL, 8 mL/2 mL, 9 mL/1 mL y 10 mL/0 mL), que posteriormente fue sometido a una agitación vigorosa, se determinó el nivel de espuma generado (cm) y se cronometró su duración para ser evaluado según la cantidad de cruces 5 – 20 min. (+); 20 – 25 min. (++); 30 – Mas (+++).

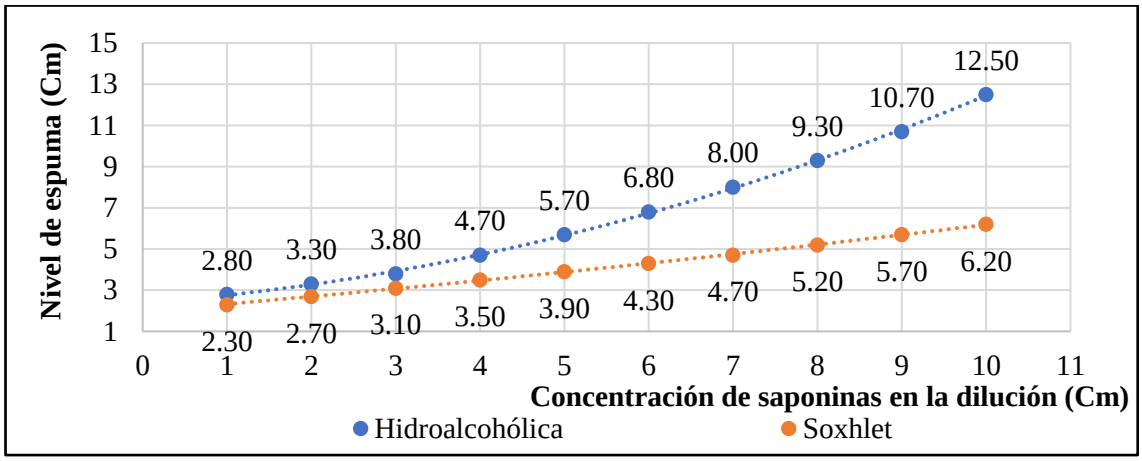


Figura 6. Nivel de espuma según la concentración de saponinas en dilución.
(Fuente: Autor, Tarapoto, 2021).

Interpretación

En la figura 6 se observa la relación entre el nivel de espuma (cm) y la concentración en la dilución; lo cual indica que la concentración de saponinas determinadas mediante el índice afrosimétrico, evidencia que, a mayor concentración del extracto de saponinas respecto al diluyente (agua destilada), mayor es el nivel de espuma (cm), lográndose un máximo de 12.5 cm para método de extracción de mezcla hidroalcohólica y 6.20 para el método Soxhlet.

Tabla 10

Correlación entre el método de extracción de saponinas y el nivel de espuma generado

Correlación	Concentración	Nivel de espuma
Correlación de Pearson	0.000	0,479*
Sig. (bilateral)	1.000	0.033

Fuente: Autor, Tarapoto, 2021, SPSS.

Interpretación

En la tabla 10 se observa que, mediante la correlación de Pearson, se presenta una escasa correlación entre el método de extracción de saponinas y el nivel de espuma generado mediante el ensayo afrosimétrico (r = 0.479; p = 0.033).

3.1.3. Correlación entre el contenido de saponinas según el gasto de la solución empleada en la determinación del índice afrosimétrico.

En la determinación del contenido de saponinas (cm) en relación al gasto realizado a partir de la solución (extracto de saponinas/agua destilada), se determinó que ambos métodos presentan comportamiento diferente, ya que, las saponinas extraídas mediante la mezcla hidroalcohólica genera una espuma persistente (+++) a partir de una dilución 6 mL del extracto en 4 mL de agua destilada, mientras que las extraídas mediante la Soxhlet genera una espuma persistente (+++) a partir de una dilución 8 mL del extracto en 2 mL de agua destilada.

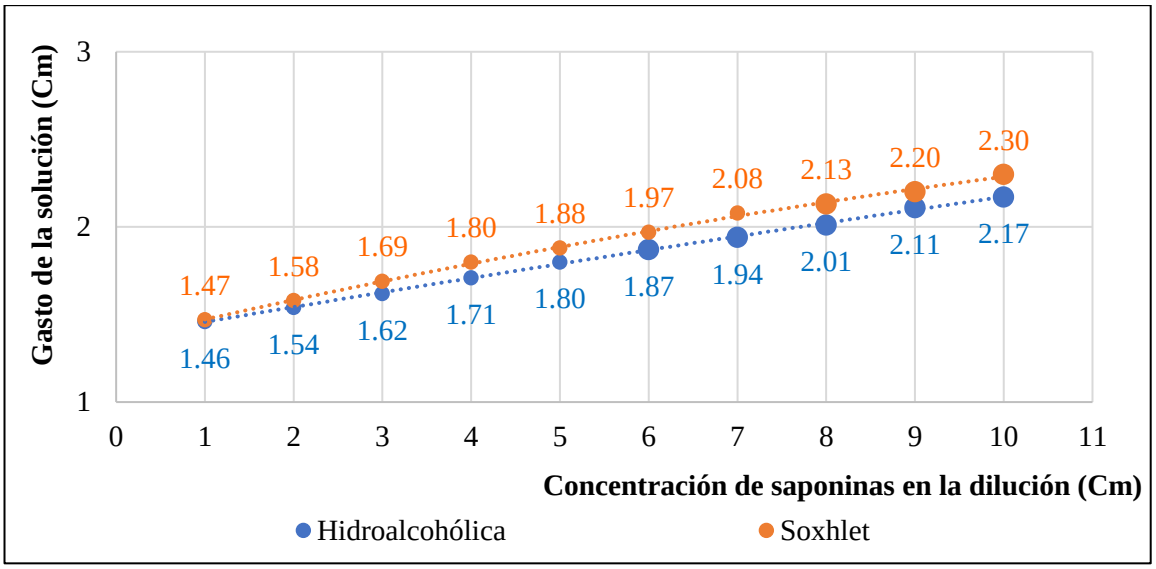


Figura 7. Nivel de espuma según el gasto de la solución.

Nota: Duración de la espuma 20 - 25 min. (● = ++).
Duración de la espuma ≥ 30 min (⬤ = +++).

Fuente: Autor, Tarapoto, 2021.

Interpretación

En la figura 7 se muestra el gasto de la solución de saponinas (cm) determinadas mediante el índice afrosimétrico, donde se evidencia un máximo de 2.30 cm para el método Soxhlet y 2.17 cm para el método de extracción mezcla hidroalcohólica. Así mismo, se interpreta

que, el tiempo de duración expresado en minutos y simbolizado según el número de cruces, independiente del método de extracción, donde la espuma persistente fue aquella con una duración mayor o igual de los 30 minutos (+++).

Tabla 11
Correlación entre el contenido de saponinas y el nivel de espuma generado

Correlación	Concentración	Nivel de espuma
Correlación de Pearson	0.000	0,738**
Sig. (bilateral)	1.000	0.000

Fuente: Autor, Tarapoto, 2021, SPSS.

Interpretación

En la tabla 11 se observa que presenta una buena correlación entre el contenido de saponinas y el gasto de la solución empleada en la determinación del índice afrosimétrico (r=0.738; p=0.000).

3.2 Discusión

El fruto del árbol de *Sapindus saponaria* es oriundo de la amazonia peruana, el cual, contiene un glucósido llamada saponina, el mismo que tienen propiedades similares a los detergentes comerciales; la característica principal es que al estar en contacto con una alícuota de agua produce una gran cantidad de espuma persistente y esto demuestra la gran importancia de realizar un estudio avanzado de dicho compuesto porque ayudaría a contribuir con el ambiente, disminuyendo la contaminación, además de la afectación a la salud pública, por la cual es prioritario la fabricación de detergentes biodegradables que reemplacen a los detergentes convencionales por su degradación rápida sin afectar la vida acuática de los mares, ríos, lagos, quebradas y fuentes de agua subterránea, Monsalve Vargas & Vasquez, (2019).

Según Hernández Macedo *et al*, (2020) reitera que este tipo de estudios nos permite descubrir nuevos aportes para la ciencia resolviendo problemas ambientales a través del acoplamiento de procedimientos tecnológicos a sistemas biológicos como dar soluciones sostenibles en cuanto al uso de detergentes. Jurado Falconí *et al*, (2017) sostienen que la contaminación de las fuentes de aguas en la actualidad es un caso preocupante ya que los detergentes convencionales contienen una mezcla de muchas sustancias que afecta la

calidad del agua y la presencia de los tensioactivos en el ambiente ocasiona una serie de consecuencias, sobre las membranas celulares y proteínas de las especies acuáticas debido a la actividad superficial que presentan, como: inhibidores de bacterias, hongos y otros habitantes del ecosistema acuático formando así la eutrofización debido a los altos niveles de fósforo procedentes del tripolifosfato, principal ingrediente de las formulaciones de detergentes y compuestos organoclorados; la mayoría de carácter tóxico y carcinógeno la cual afecta la salud pública.

La presente investigación, se logró demostrar que el volumen de los estratos obtenidos a partir de los frutos secos de *Sapindus saponaria* utilizando una mezcla hidroalcohólica (320 mL) y el método Soxhlet (100 mL) son estadísticamente diferentes. Se puede corroborar con la investigación de Rumipamba Ganán, (2021) en la cual nos menciona que el mayor porcentaje de extracción de saponinas totales se obtiene mediante el método de extracción mezcla hidroalcohólica sometida a extracción por 72 horas en agua/etanol dando como resultado un valor de 272.4 mL del concentrado y además de ello la concentración de saponinas es directamente proporcional al tiempo debido a que a mayor tiempo de maceración expuesto al solvente mayor es la concentración de saponinas.

Por otra parte, en la presente investigación, la concentración de saponinas en la dilución utilizando la prueba afrosimétrico tiene un nivel de espuma persistente de 12.50 cm para el método de mezcla hidroalcohólica y por el método Soxhlet 6.20 cm de espuma, logrando demostrar que la muestra contiene saponinas en gran cantidad por el método de mezcla hidroalcohólica. Esto se puede corroborar con Thliza *et al.*, (2020) en la cual indica utilizando la prueba afrosimétrico es un método con un alto grado de eficiencia; se agita vigorosamente cada uno de los tensioactivos crudos colocados en los tubos de ensayo con los extractos de saponina hasta llegar a 10 cm^3 de la dilución en el tubo de ensayo observando espuma que persistió como evidencia de la presencia de saponinas y al tener un índice superior a 20 ml de espuma demuestran que su capacidad espumante y surfactante es significativa como detergente natural.

Además, el contenido de saponinas según el gasto de la solución empleada en la determinación del índice afrosimétrico en la presente investigación se evidencia un máximo de 2.30 cm para el método Soxhlet y para el método de mezcla hidroalcohólica 2.17 cm demostrando que el tiempo de duración expresado en minutos y simbolizado

según el número de cruces, independiente del método de extracción, donde la espuma persistente fue aquella con una duración mayor o igual de los 30 minutos (+++). Los cual permite corroborar con los resultados obtenidos por Seijas Velásquez *et al*, (2021) en donde determinó la concentración de saponinas a partir de un extracto a través de prueba de espuma (Prueba afrosimétrico) empleando 0,5 g de muestra en 6 concentraciones diferentes (240 mg/L, 360 mg/L, 480 mg/L, 600 mg/L, 720 mg/L y 840 mg/L), luego se realizó la medición de la altura de la espuma con un gasto de la solución por cada concentración de 2.86 cm, 3.89 cm, 5.14 cm, 6.51 cm, 7.49 cm y 8.59 cm.

En ese sentido en la presente investigación el método más eficaz para la extracción de saponina es por el método de mezcla hidroalcohólica aceptando de esta forma la hipótesis alterna en la que menciona que la concentración de saponinas extraídas a partir de frutos de *Sapindus saponaria* mediante el método Soxhlet y una mezcla hidroalcohólica son diferentes.

Nuestra Región San Martin no cuenta con una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) las cuales evidencia el alto grado de contaminación por aguas domésticas, etc. debilitando el ecosistema acuático y generando muerte de especies que habitan en los ríos y todo lo que se encuentre a su alrededor (área de influencia indirecta), es por ello que en la presente investigación se realizó un estudio de comparación de dos métodos de extracción de saponina a partir de frutos de *Sapindus saponaria* para buscar una alternativa al uso de detergentes convencionales que existe en la actualidad.

CONCLUSIONES

- Se concluye que, los volúmenes de los extractos obtenidos a partir de los frutos secos de *Sapindus saponaria* mediante una mezcla hidroalcohólica y el método Soxhlet son estadísticamente diferentes.

- Existe una escasa correlación entre el método de extracción de saponinas (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica) y el nivel de espuma generado mediante el ensayo afrosimétrico.

- Existe buena correlación entre el contenido de saponinas y el gasto de la solución empleada en la determinación del índice afrosimétrico según el método de extracción (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica).

- El contenido de saponinas extraídas a partir de una mezcla hidroalcohólica es estadísticamente mayor que el obtenido mediante el método Soxhlet; lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

RECOMENDACIONES

- Utilizar un equipo de Soxhlet de mayor capacidad volumétrica, el cual permita trabajar con una mayor cantidad de la muestra.

- Ensayar la extracción con otros solventes por el método Soxhlet a fin de poder obtener un mayor rendimiento.

- A la Universidad Nacional de San Martín incentivar a los estudiantes a realizar estudios de interés a fin de contribuir con la gestión ambiental.

- A los estudiantes a realizar investigaciones en base a descubrimientos que conlleven a aportar nuevos conocimientos para la ciencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahora noticias. (2019, April 24). Estudio del Sernac sobre detergentes, pp. 1–6. Retrieved from https://www.ahoranoticias.cl/noticias/nacional/258704-detergentes-ranking-sernac-evaluados.html

Ashour, A. S., El Aziz, M. M. A., & Gomha Melad, A. S. (2019). A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. *Journal of Nanomedicine Research*, *8*(1), 282–288. https://doi.org/10.15406/jnmr.2019.07.00199

Atici, A. A. (2021). Seasonal changes of some detergent components in surface water of rivers to the Van Lake, Turkey. *Toxicological and Environmental Chemistry*, *103*(1), 37–49. https://doi.org/10.1080/02772248.2021.1882460

Attah Alfa, A., Ayodeji, O. A., Donatus Teru, G. A., & Bajeh Tijani, K. (2019). Studies on the phytochemical compounds in the ethanolic leaf extract (ELE), ethanolic bark extract (EBE) and ethanolic root extract (ERE) of bridelia ferruginea benth (Euphorbiaceae). *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*, *2*(4), 1–8. https://doi.org/10.9734/ajbgmb/2019/v2i430070

Augustyn, A. (2019). Solvent. *Encyclopaedia Britannica, Inc.*, *1*, 2020–2021. Retrieved from https://www.britannica.com/science/solvent-chemistry

Avelino Flores, M., Bibbins Martinez, M., Vallejo Ruiz, V., & Reyes Leyva, J. (2019). Evaluación in vitro de la actividad citotóxica y antitumoral de plantas medicinales recomendadas en Cuetzalan del Progreso, Puebla, México. *Instituto Politécnico Nacional*, *47*, 113–135. https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.9

Bellver, E. (2020, July). Contaminación del agua por detergentes. *Tendenzias.Com*, 1–8. Retrieved from https://tendenzias.com/eco/contaminacion-del-agua-por-detergentes/

Bolívar, G. (2020). Éter de petróleo o bencina : fórmula , estructura , usos Fórmula y estructura. *Lifeder*, 2–8. Retrieved from https://www.lifeder.com/eter-de-petroleo/

Campos Napán, J. J. M. (2018). *Maximización de la reduccion de saponina en escarificado de quinua (Chenopodium quinoa willd) por abrasión aplicando superficie de respuesta*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3655/campos-napan-juan-jose-manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carballido, E. (2019, March). Contaminación del agua por detergentes. *Botanical Online SL*, 1–5. Retrieved from http://www.h2oworld.co/contaminacion-del-agua-por-

detergentes/

Carrascal Figueroa, A. B. (2015). *Efecto de tres concentraciones de sapindus saponaria sobre la población de meloidogyne incognita en asparagus officinalis*. Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved from http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4533?show=full

Carrillo Gualancañay, I. P. (2019). *Evaluación para el aprovechamiento de las saponinas de los residuos de quinua (Chenopodium quinoa willd) como inhibidoras de hongos fitopatógenos*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11163/1/236T0447.pdf

Chunyan Chen, Li, R., Li, D., Shen, F., & Guoqing Xiao, J. Z. (2021). *Extraction and purification of saponins from Sapindus mukorossi* (No. 2). *New Journal of Chemistry* (Vol. 45). Chengdu 610500, China. https://doi.org/10.1039/b517142n

CropLife Latin America. (2019). Y tú , ¿ qué conoces de agrobiotecnología ?, 1–3. Retrieved from https://www.croplifela.org/es/biotecnologia

Del Rosario Lopez, Y., Alvarado Garcia, S., Calixto Marcalupu, K., Reinel Araujo, A., & Toque Huaman, M. (2017). *Quinzap detergente biodegradable a base de saponina de quinua*. Universidad San Ignacio de Loyola. Retrieved from http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3193/3/2017_Del-Rosario-Lopez.pdf

Do, D. N., Dang, T. T., Le, Q. T., Lam, T. D., Bach, L. G., Nguyen, D. C., & Toan, T. Q. (2019). Extraction of saponin from gleditsia peel and applications on natural dishwashing liquid detergent. *Materials Today: Proceedings*, *18*(1), 5219–5230. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.522

Egg, A. (2017). Tipos y niveles de investigación. *Tecnologia de Blogger*, 2–6. Retrieved from http://devnside.blogspot.com/2017/10/tipos-y-niveles-de-investigacion.html

Fernández, A., Deluca, M., & Du Mortier, C. (2010). *Aprendiendo Química Orgánica*. (EUDEBA, Ed.) (1st ed.). Buenos Aires - Argentina.

Hernández Macedo, M. L., López, J. A., Barrios Eguiluz, K. I., & Salazar Banda, G. R. (2020). Environmental Biotechnology: Challenges and perspectives in applying combined technologies to enhance remediation and renewable energy generation. *Revista Peruana de Biología*, *27*(1), 43–48. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332020000100043&script=sci_arttext

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. del P., Méndez, S., & Mendoza, C. P. (2015). *Metodología de la investigación*. (McGRAW-HILL, Ed.) (6th ed.). México.

Hualpa Choque, G. (2019). *Influencia de los procesos de maceración y clarificación sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un destilado de sidra de manzana (Malus sylvestris L*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna. Retrieved from http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3594

Huaman Viera, H. K., & Gabriela, S. H. S. (2018). *Obtención de saponina de la corteza de quinua (Chenopodium Quinoa) mediante extracción hidroalcohólica*. Universidad Nacional del Callao. Retrieved from http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3603/Huaman Viera y Shuan Huanca__titulo quimica_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jurado Falconí, E., Saenz Yaya, D., Velasquez, M., Azaldegui Moscol, A., & Benavides Cavero, O. (2017). Riesgos del uso de detergentes domésticos en la calidad del agua en poblaciones en transición de lo rural a lo urbano: Churín 2017. *Alternativa Financiera*, *9*(1), 1–19. Retrieved from http://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-

Khalil, M., & Liu, Y. (2021). Greywater biodegradability and biological treatment technologies: a critical review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, *161*(July), 22–24. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2021.105211

Llontop López, N. G., & Rojas Ontaneda, L. J. (2018). *Tamizaje fitoquímico y efecto antifúngico in vitro del extracto fluido de las hojas de phthirusa Robusta Rusby (suelda con suelda) frente a Candida Albicans*. Universidad Nacional de Trujillo. Retrieved from http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10354/Llontop Lopez Nuria Gabriela.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Luo, Z., Xu, W., Zhang, Y., Di, L., & Shan, J. (2020). A review of saponin intervention in metabolic syndrome suggests further study on intestinal microbiota. *Pharmacological Research*, *160*, 40–50. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105088

Mas educación. (2018, March). Bioingenía: la ingenieria especializada en biología, 1–5. Retrieved from https://maseducacion.aptitus.com/noticias/innovacion/la-ingenieria-especializada-en-biologia/

Mohamed, R. M., Al-Gheethi, A. A., Noramira, J., Chan, C. M., Hashim, M. K. A., & Sabariah, M. (2018). Effect of detergents from laundry greywater on soil properties: a preliminary study. *Applied Water Science*, *8*(16), 1–7. https://doi.org/10.1007/s13201-018-0664-3

Monsalve Vargas, A. M., & Vasquez, J. E. (2019). Extracción y cuantificación de las saponinas del parenquima de hojas de Aloe vera l para su uso como tenso activo en

un detergente. *Corporacion Tecnologica de Bogotá*, *1*, 20–25. Retrieved from https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2357

Moukalled, H. (2015, December). Efectos de los detergentes en el agua. *Lebanese Company for Information & Studies*, 1–4. Retrieved from http://greenarea.me/es/95583/efectos-de-los-detergentes-en-el-agua/

Pulpón Segura, A. M., Fuentelsalz Gallego, C., & Icart Isern, M. T. (2001). *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. (Ube, Ed.) (1st ed.). Barcelona - España.

Quesada, A. (2018, March). Reducir la contaminación de detergentes y limpiadores. *Catalunya Vanguardista*, 2–4. Retrieved from https://www.catalunyavanguardista.com/impulsan-un-proyecto-para-reducir-la-contaminacion-de-productos-de-limpieza/

Rodríguez Alvarez, A. (2016). *Extracción de saponinas a partir de la furcraea hexapetala y estudio de sus propiedades como insecticida*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Retrieved from http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7295/Ary Rodríguez Alvarez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez Canosa, D. P. (2008). *Desarrollo de metodología analítica para la determinación de triclosán y parabenes. aplicación al estudio de su distribución y transformación en muestras ambientales*. *Mélanges de l'école française de Rome*. Universidad de Santiago de Compostela. Retrieved from https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2522/9788498871821_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rumipamba Ganán, J. A. (2021). *Extracción y caracterización de los crudos de saponina de los residuos (cáscara y semilla) del aguacate Persea americana de las variedades Hass y Fuerte*. Universidad Central del Ecuador.

Segal, R., Milo-Goldzweig, I., Schupper, H., & Zaitschek, D. V. (1970). Effect of ester groups on the haemolytic action of sapogenins—II: Esterification with bifunctional acids. *Biochemical Pharmacology*, *19*(8), 2501–2507. https://doi.org/10.1016/0006-2952(70)90276-5

Seijas Velásquez, S., Seijas Bernabé, P. A., Seijas Bernabé, N. S., Salgado Rodríguez, L. E., & Alva Castañeda, M. A. (2021). Determinación de parámetros operativos para la producción de extracto de saponinas de cucumis dipsaceus "jaboncillo de campo." *Revista de Investigaciones de La Universidad Le Cordon Bleu*, *8*(1), 29–43. https://doi.org/10.36955/riulcb.2021v8n1.003

Špadina, M., Bohinc, K., Zemb, T., & Dufrêche, J. F. (2019). Synergistic Solvent Extraction Is Driven by Entropy. *ACS Nano*, *13*(12), 13745–13758. https://doi.org/10.1021/acsnano.9b07605

Thliza, A., Shanu, B., & Deshi, J. J. (2020). Extraction of bio-base surfactant (saponin) fromcissuspopulnea plantleaves extraction of bio-base surfactant (saponin) from cissuspopulnea plantleaves from gurhengwal town, askira /uba local government of Borno state Nigeria. *Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, *13*(8), 55–63. https://doi.org/10.9790/5736-1308015563

Ulloa Heras, C. I. (2018). *Evaluación in vitro de la capacidad inhibitoria de saponinas presentes en el penco (agave americano) frente a fusarium sp.* Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/84704028.pdf

Usiña Estrada, K. M. (2017). *Analisis de las propiedades surfactantes de saponinas obtenidas de los frutos de sapindus saponaria*. Universidad Central del Ecuador. Retrieved from http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13116

Ventura, P. (2018, July). Peruanos elaboran detergente ecológico que beneficia a criadores de trucha. *Diario El Correo*, 1–3. Retrieved from https://diariocorreo.pe/peru/peruanos-elaboran-detergente-ecologico-que-beneficia-criadores-de-trucha-831465/?ref=dcr

Xu, L., Su, Q., Zhang, Z., Guan, G., Huang, D., Terry, N., & Wang, F. (2021). Increased Extracellular Saponin Production After the Addition of Rutin in Truffle Liquid Fermentation and Its Antioxidant Activities. *Fermentation*, *7*(3), 103. https://doi.org/10.3390/fermentation7030103

Yarlequé, M. M. (2016). *Aislamiento y caracterización bioquímica de compuestos fenólicos con actividad anticoagulante del extracto alcohólico de las hojas de Oenothera rosea Aiton "chupasangre." Repositorio de Tesis - UNMSM*. Universidad Mayor de San Marcos.

Yerko Zuñiga, C. (2015, November). Descripción estructural. *Tecnologia de Blogger*, 2–4. Retrieved from http://saponinasorganica.blogspot.com/2015/11/saponinas.html

Zarate, S. E. (2016). *Evaluación del método de extracción sólido – líquido de la saponina de 5 cultivares de quinua (Chenopodium Quinoa Willd), su encapsulamiento y utilización en la alimentación*. Universidad Nacional del Altiplano.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

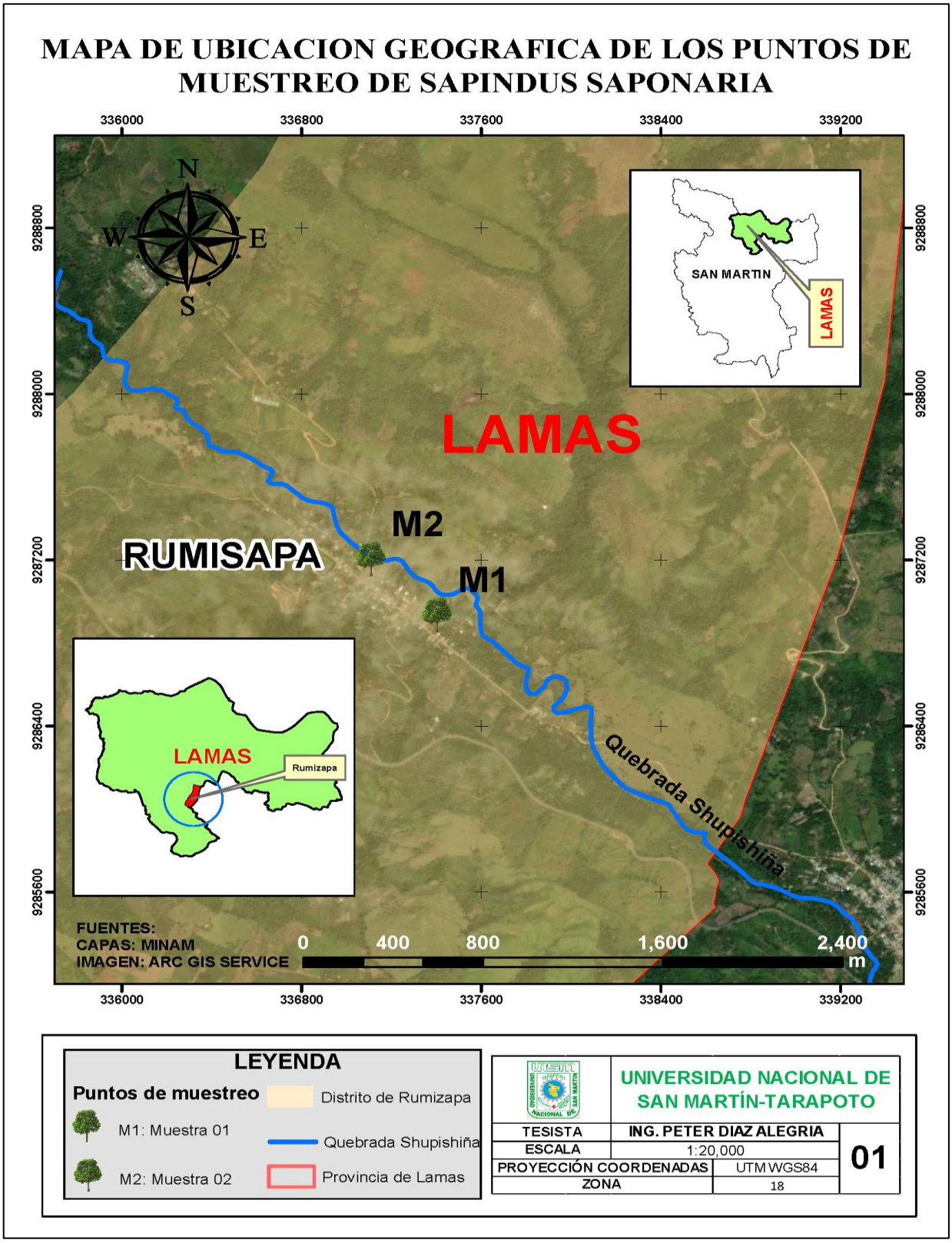
TÍTULO DEL PROYECTO : Comparación de dos métodos de extracción de saponinas a partir de *Sapindus saponaria* como alternativa a los detergentes convencionales

NOMBRE DEL MAESTRANTE: Ing. Peter Díaz Alegría

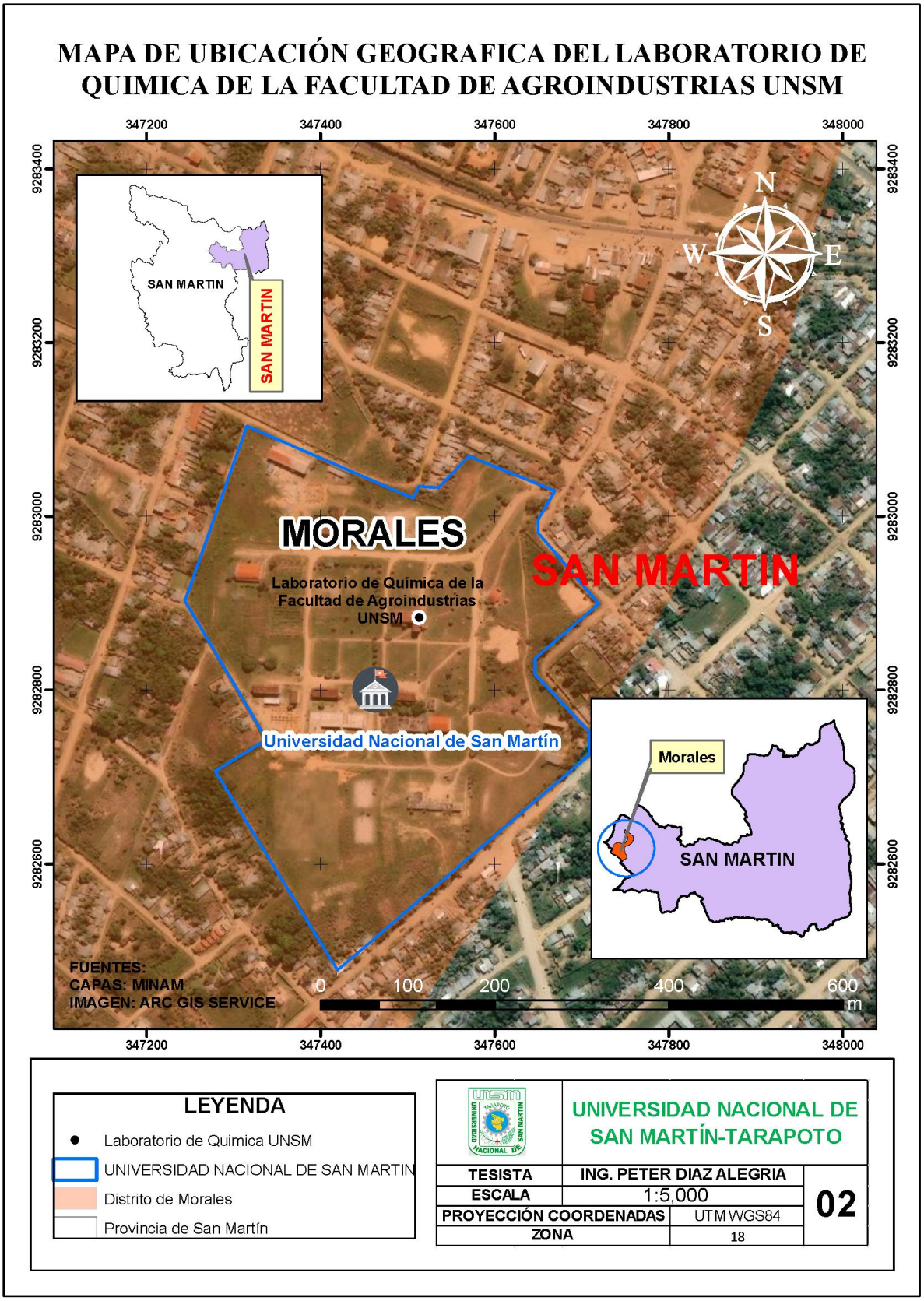
Problemática			Operacionalidad de Variables		Metodología	
Formulación del problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Indicadores**	**Técnicas de recolección de datos**	**Diseño de investigación**
¿Cuál de los dos métodos de extracción de saponinas, soxhlet o una mezcla hidroalcohólica permitirá obtener mayor concentración?	**Objetivo General**	**Hipótesis Nula**	**Dependiente**	**De la variable dependiente**	**De la variable dependiente**	Teniendo en cuenta lo establecido por Pulpón Segura *et al.*, (2001) el diseño de investigación de la presente tesis corresponde al tipo experimental transversal; teniendo en cuenta que en este tipo de investigación, el investigador selecciona una muestra y según el principio del diseño el investigador puede manipular a la variable independiente para luego observar o analizar la dependiente considerada como variable respuesta.
		H0: La concentración de saponinas extraídas a partir de frutos de Sapindus saponaria mediante el método soxhlet y una mezcla hidroalcohólica son iguales.	Concentraciones de la Saponinas	Alta Concentración	Muestreo simple	
	Comparar la concentración de saponinas en Frutos de Sapindus saponaria mediante extracción soxhlet y una mezcla hidroalcohólica.	**Hipótesis Alterna**				
		H1: La concentración de saponinas extraídas a partir de frutos de Sapindus saponaria mediante el método soxhlet y una mezcla hidroalcohólica son diferentes.		Baja Concentración	Formato	
	Objetivos Específicos		**Independiente**	**De la variable**	**De la variable**	**Población**
	Evaluar si existe diferencia significativa entre los volúmenes extraídos según el método de soxhlet y una mezcla hidroalcohólica.		Métodos de extracción de Saponinas	Equipos analógicos/digitales.	Muestreo simple	6 kg de los frutos de Sapindus saponaria.
	Determinar la correlación entre el contenido de saponinas según el método de extracción.			Baja, media y alta extracción.		**Muestra**
	Determinar la correlación entre el contenido de saponinas según la concentración empleado en el índice afrosimétrico.			Corto tiempo, tiempo medio o tiempo extenso.	Formato	Saponinas factibles de ser extraídas mediante el método de soxhlet y una mezcla hidroalcohólica de los frutos de Sapindus saponaria.

Anexo B:

Mapas de ubicación



Mapa 1: Mapa de ubicación geográfica de los puntos de muestreo de *Sapindus Saponaria.*



Mapa 2: Mapa de ubicación geográfica del Laboratorio de Química - Facultad de Agroindustrias - UNSM – Tarapoto.

Anexo C:

Fichas Técnicas de Equipos de Medición

FICHA TÉCNICA DEL GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)	
Características físicas y de rendimiento	
Dimensiones de la unidad (Ancho/Alto/Profundidad)	6,1 x 16,0 x 3,6 cm
Tamaño de pantalla (Ancho x Alto)	3,6 x 5,5 cm; 6,6 cm de diagonal
Resolución de pantalla (Ancho x Alto)	160 x 240 píxeles
Tipo de pantalla	TFT transflectiva 65k Colores
Pantalla táctil	No
Peso del equipo (con baterías de ser el caso)	260.1 g
Baterías	2 AA; recomendadas NiMH o Litio
Duración de la batería	16 horas
Impermeabilidad	IP x 7 (Sumergible hasta 1 m de agua durante 30 min)
Flotabilidad	No flota
Receptor de Alta Sensibilidad	SI NAVSTAR GLONASS
Interfaz	USB de alta velocidad y compatible con NMEA 0183
Altímetro barométrico	Si
Mapas y memorias	
Mapa base mundial	Si
Mapa precargado	G-MAP PERU BaseMap
Capacidad de añadir mapas	Si
Memoria interna	4 GB
Admite tarjetas de datos	microSD™ (no incluida)
Puntos (Waypoints)	5,000
Rutas	200
Caminos (Tracks)	10,000 puntos 200 tracks guardados
Adicional	
Auto-enrutamiento (rutas giro a giro en vías urbanas)	Si (necesita de mapas urbanos detallados)
Compás electrónico	Si
Altómetro barométrico	Si
Cámara	No
Amigable con Geocaching	Si (sin papeles)
Compatible con “Garmin Custom Maps”	Si
Navegación por imagen (hacia fotos georeferenciadas)	Si
Calendario de caza y pesca	Si
Información de sol y la luna	Si
Tablas de mareas	Si (con Bluechart opcional)
Cálculo de área	Si
Puntos de Interés personalizables (habilidad de añadir puntos de interés adicionales)	Si
Transferencia inalámbrica de datos de unidad a unidad (con equipos compatibles)	Si
Visor de imágenes	Si

FICHA TÉCNICA DEL PEACHÍMETRO DIGITAL	
Especificaciones Técnicas	
Tipo	Lapicero
Clasificación	De campo
Intervalo	pH de -2.00 a 16.0 pH

	Temp de -0.5 a 60.0°C/ de 23.0 a 140.0°F
Resolución	pH 0.1 pH
	Temp 0.1°C/0.1°F
Precisión (a 20°C)	pH $^{+}$- 0.1 pH
	Temp $^{+}$- 0.5°C/$^{+}$-1°F
Calibración pH	Automática en 1 ó 2 puntos (pH 4.01 / 7.01 / 10.0 o pH 4.01 / 6.86 / 9.18)
Compensación de temperatura	Automática
Tipo de pilas / duración	4x 1.5V con BEPS / aprox. 300 horas de uso continuo; auto-desconexión después de 8 min de inactividad
Condiciones de trabajo	De -5 a 50°C; HR. Máx. 100%
Dimensiones	163 x 40 x 26 mm
Peso	100 g
Tiempo de entrega del producto	Máximo 30 días
Idioma del Manual	Español

FICHA TÉCNICA DE LA CENTRÍFUGA ANÁLOGA 08 X 10 ML (PLC 05 – KUBOTA)	
Características	
Capacidad	08 x 10 ml. / 12 x 5.0 ml.
Opciones de rotor	A-1215 / A-1205
Velocidad	Regulada por tacómetro y programable manualmente hasta 4000 rpm $^{+}$-5%
A.C.HZ	50
Serial	951030295
Volt	220
Temporizador	60 minutos
Opciones de motor	90 w o 67 w
Sistema	Balance automático para eliminar la vibración
Medidas del rotor	Cabezal con un angulo de 45°
Compatibilidad	Electromagnética exigida en EN60601-1-2 y IEC801 CE
Regulación	Regulación de aire continúa durante un uso prolongado.
Cierre de seguridad	Opcional
Estandarizado	ISO 9001, ISO 13485

Fuente: Inventario patrimonial 2018 – UNSM.

Anexo D:

Formato de Campo

ANEXO 1

FORMATO DE CAMPO

(EDICIÓN 01)

DEPARTAMENTO: San Martín **PROVINCIA:** Lamas
DISTRITO: Rumisapa **LOCALIDAD:** Rumisapa
ESPECIES: Sapindus saponaria **RESPONSABLE:** Ing. Peter Díaz Alegría

Punto de Ubicación de los Especímenes	Descripción origen/ubicación	Coordenadas[1]		Altura (msnm)	Fecha	Hora	Observaciones[2]
		Norte/Sur	Este/Norte				
M1	3 kg del fruto de sapindus saponaria.	9286938	0337404	333	20-10-20	15.00 pm	Fruto color pardo amarillento brilloso
M2	3 kg del fruto de sapindus saponaria.	9287207	0337109	336	20-10-20	15.50 pm	Fruto color pardo oscuro amarillento brilloso.

1 Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en sistema UTM para realizar la ubicación de los especímenes en un área determinado, ambos en estándar geodésico WGS 84.
2 Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como altura del tronco, estado de temporada (Floración, Maduración, etc.), presencia de residuos, actividades humanas, presencia de frutos caídos, estado de maduración, presencia de semillas del Choloque y otros factores del entorno natural.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Formato de Laboratorio para la prueba afrosimétrico de las concentraciones de saponina de ambos métodos

FORMATO DE LABORATORIO N° 01:
PRUEBA AFROSIMÉTRICA DE LAS CONCENTRACIONES DE SAPONINA

TESISTA: **ING. PETER DÍAZ ALEGRÍA**

Soxhlet										
Espuma	2.30	2.70	3.10	3.50	3.90	4.30	4.70	5.20	5.70	6.20
Calificación (cruces)	++	++	++	++	++	++	++	+++	+++	+++
Tiempo	19.58	19.59	20.00	20.01	20.02	20.03	20.04	20.05	20.06	20.07
Vol restante de la solución	1.47	1.58	1.69	1.80	1.88	1.97	2.08	2.13	2.20	2.30
Medida (cm)	8.53	8.42	8.31	8.20	8.12	8.03	7.92	7.87	7.80	7.70
Vol de la solución	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Agua/Saponina	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Hidroalcohólica										
Espuma	2.80	3.30	3.80	4.70	5.70	6.80	8.00	9.30	10.70	12.50
Calificación (cruces)	++	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Tiempo	20.12	20.13	20.14	20.15	20.16	20.17	20.18	20.19	20.20	20.21
Vol restante de la solución	1.46	1.54	1.62	1.71	1.80	1.87	1.94	2.01	2.11	2.17
Medida (cm)	8.54	8.46	8.38	8.29	8.20	8.13	8.06	7.99	7.89	7.83
Vol de la solución	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Agua/Saponina	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Nota

Calificación en cruces: la persistencia en minutos de la espuma se califica con cruces: 5 - 20 min. (+); 20 - 25 min. (++); 30 - Más (+++)

Anexo F:

Panel fotográfico

Panel fotográfico como evidencias de las actividades realizadas en la ejecución del proyecto.

Foto 1: Fruto de Sapindus saponaria en estadio de maduración.

Foto 2: Cosecha de los frutos de *Sapindus saponaria*.

Foto 3: Recolección del fruto de *Sapindus saponaria*.

Foto 4: Rotulado de la muestra de *Sapindus saponaria*.

Foto 5: Muestras de los frutos de *Sapindus saponaria* para para ser transportados al laboratorio.

Foto 6: Pesado de los frutos de *S. saponaria* – Lab. de Química - Facultad de Agroindustrias - UNSM.

Foto 7: Extracción del pericarpio de los frutos de *Sapindus saponaria*.

Foto 8: Trituración del pericarpio del fruto de la *Sapindus saponaria*.

Foto 9: Maceración del pericarpio triturado en matraces de 1L con etanol al 70% (mezcla hidroalcohólica).

Foto 10: Separación de impurezas a partir de macerado (mezcla hidroalcohólica).

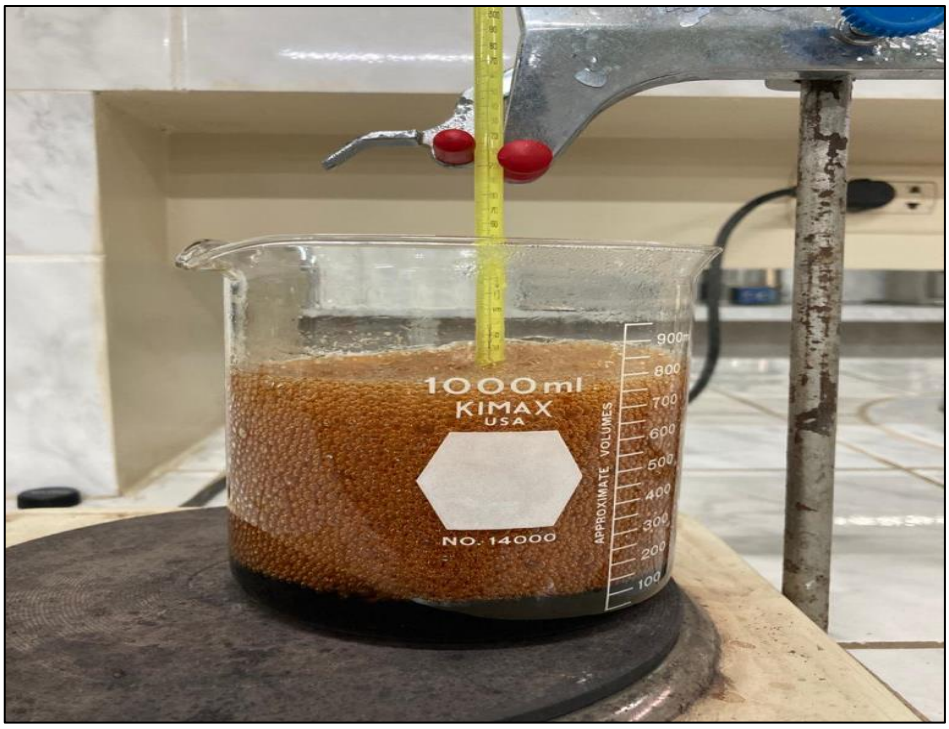


Foto 11: Evaporación del concentrado en placa calefactora a 90°C (mezcla hidroalcohólica).

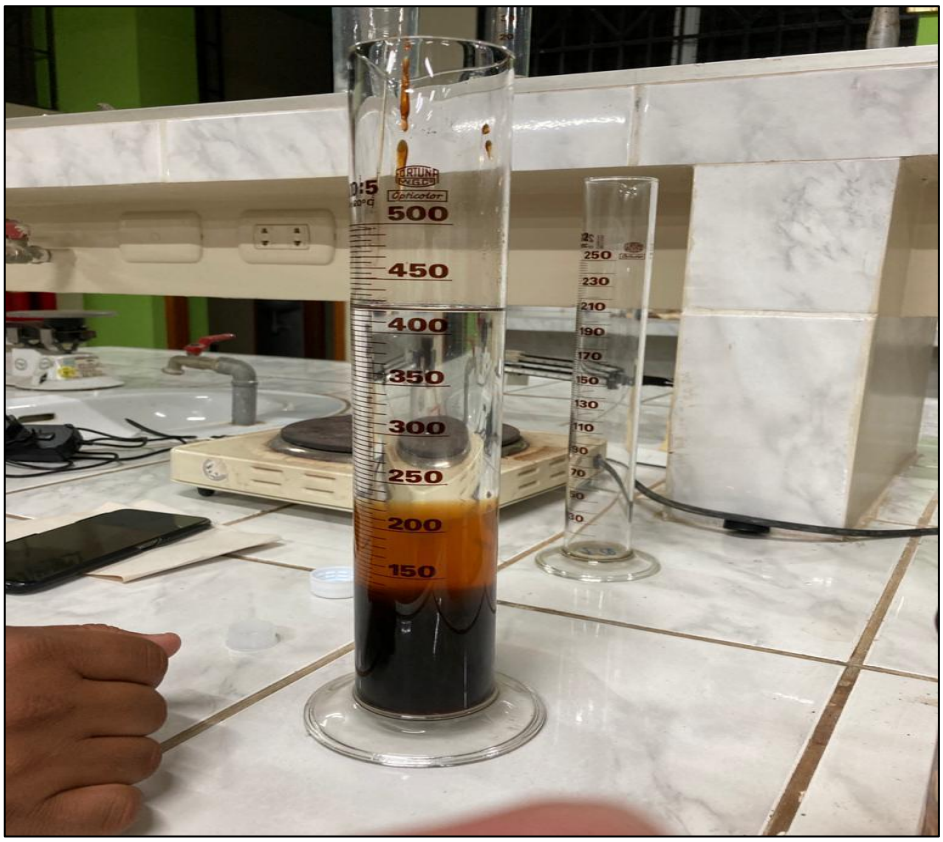


Foto 12: Extracto en etanol acuoso al 70% con igual volumen de bencina saturado con etanol al 50%.

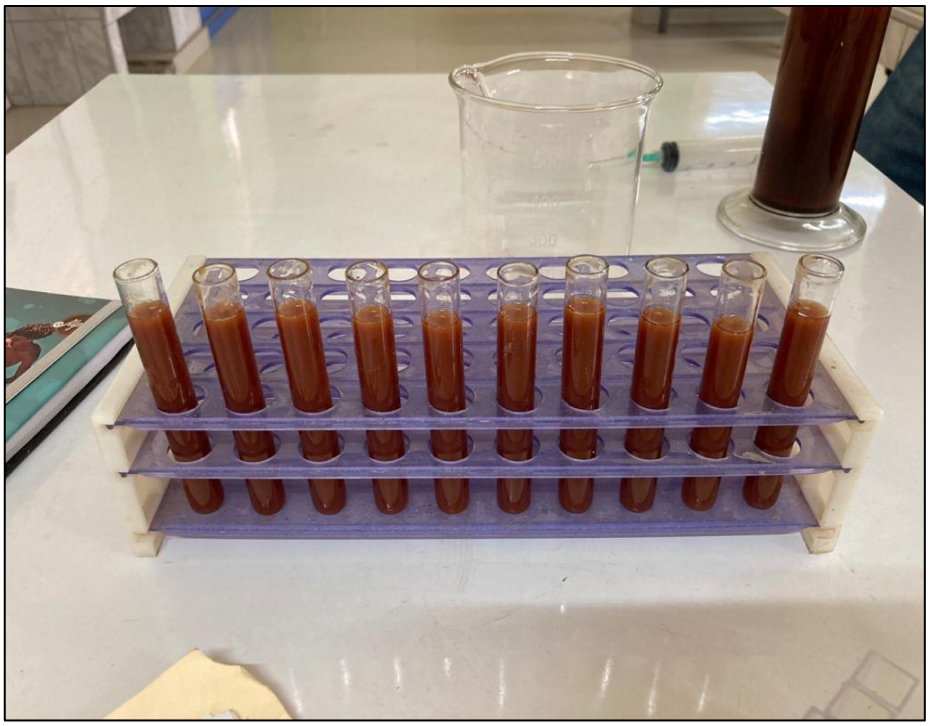


Foto 13: Extracto para ser centrifugados a 450 rpm a fin de separarlo de las impurezas.

Foto 14: Centrifugado para eliminar la fase bencénica con las grasas y pigmentos extraídos

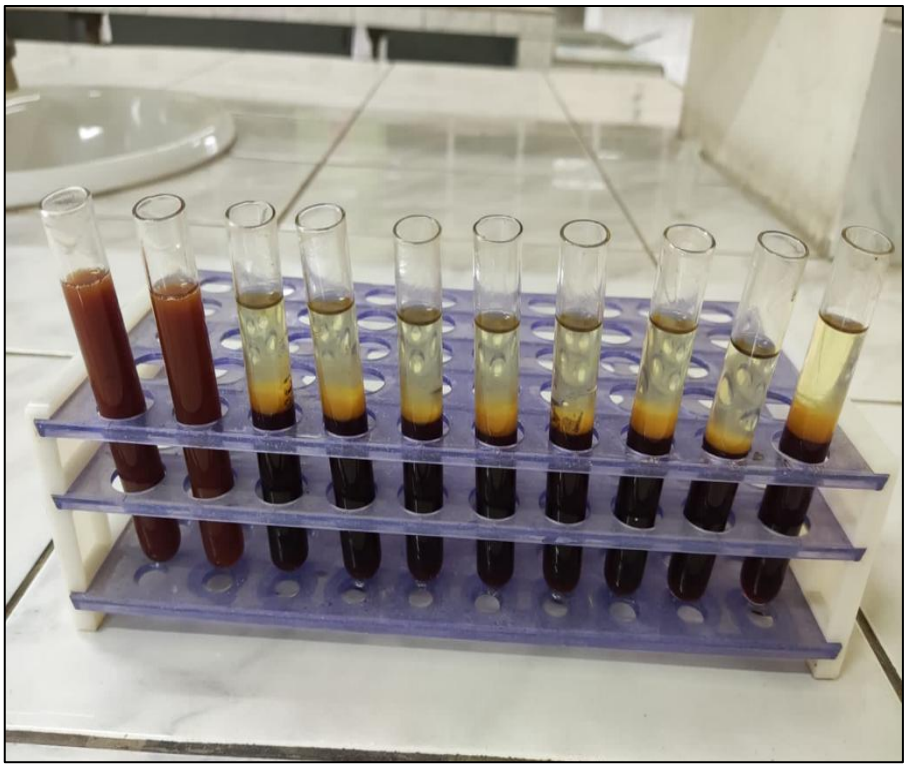


Foto 15: Separación de la muestra con la fase bencénica después del centrifugado.

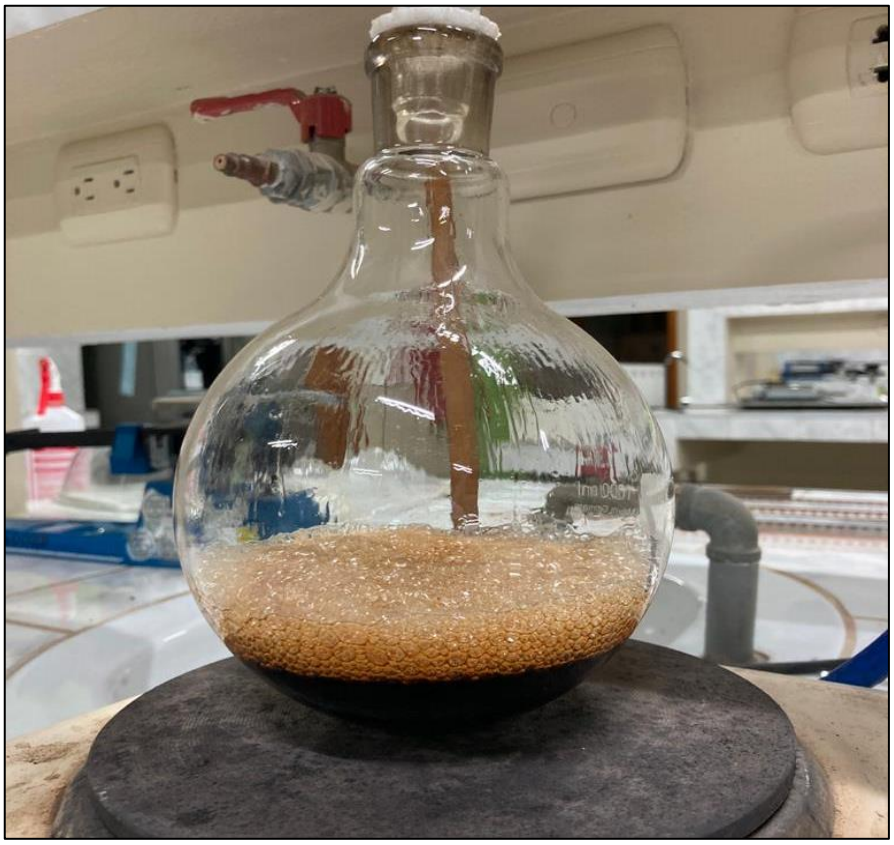


Foto 16: La fase hidroalcohólica se evaporo hasta la sequedad.

Foto 17: Muestra final – método mezcla hidroalcohólica, material color pardo oscuro - crudo de saponinas.

Foto 18: Normalización del pH con solución de ácido clorhídrico 0.5 mol/litro (Mezcla hidroalcohólica).

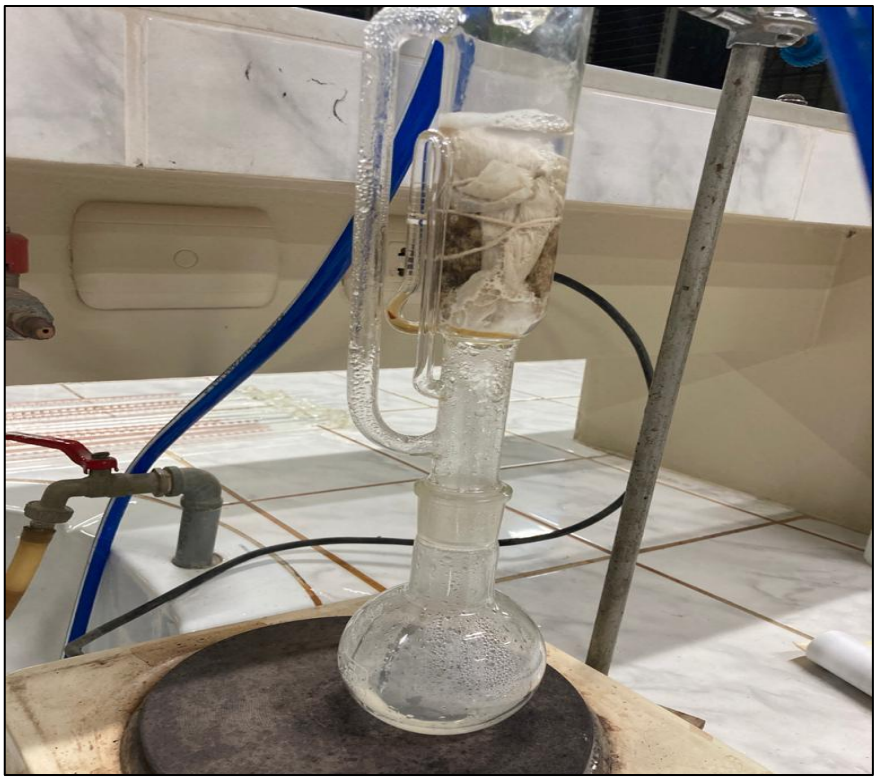


Foto 19: Equipo Soxhlet utilizado en la extracción de saponinas.

Foto 20: Evaporación del solvente del extracto obtenido mediante el método Soxhlet.

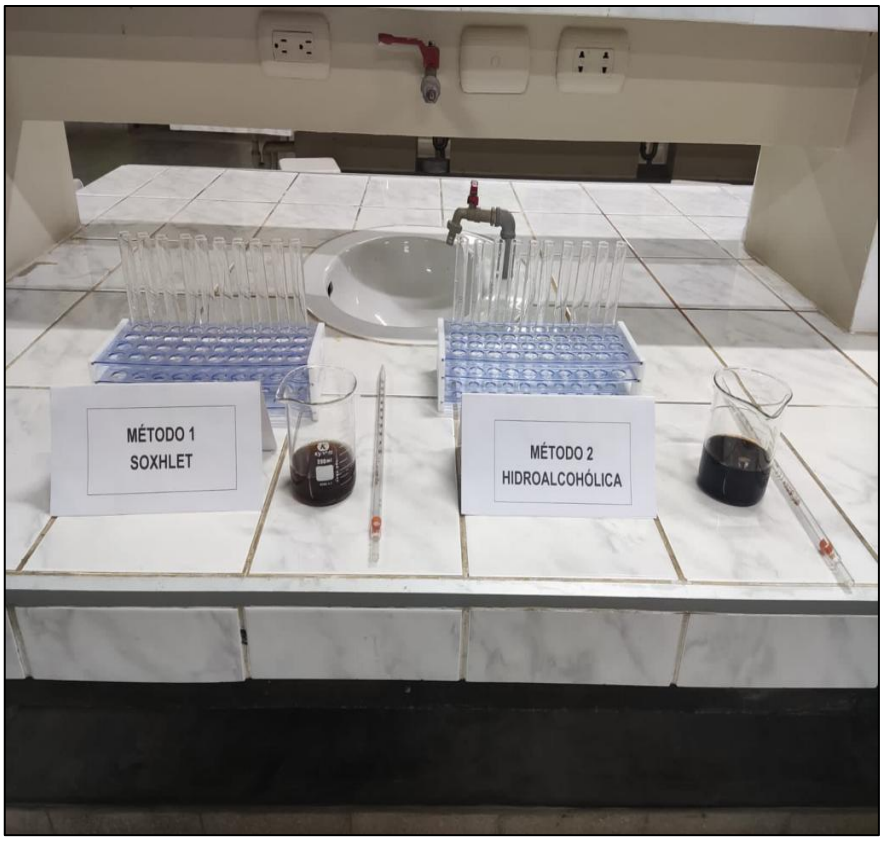


Foto 21: Prueba afrosimétrico de los dos métodos de extracción (Soxhlet y mezcla hidroalcohólica).

Foto 22: Muestras extraídas listas para ser sometidas a la prueba afrosimétrico.

Foto 23: Resultado final de la prueba afrosimétrica.

Foto 24: Medición de la espuma y evaluación de la persistencia de la misma.