

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DETERGENTES Y
CAPACIDAD FORMADORA DE ESPUMA EN LAVAVAJILLAS
PREPARADO CON SAPONINAS EXTRAÍDAS DEL MOJUELO
DE QUINUA**

POSTULANTE: UNIV. CHRISTIAN EDUARDO CARRASCO MACHICAO

TUTOR: HERIBERTO CASTAÑETA PHD.

LA PAZ-BOLIVIA

FCPN-UMSA

2015

AGRADECIMIENTO

- A Jehová Dios por ser siempre una fuente de fortaleza y esperanza en todo tiempo.
- A mis padres, Mario Luis y Naida, por el apoyo moral y material que me brindaron durante todos estos años.
- A la licenciada Sissy Mamani y a VJF plásticos LTDA, por su ayuda y su apoyo imprescindibles.
- Al doctor Heriberto Castañeta por haberme prestado su incondicional apoyo para la realización de este trabajo.

ÍNDICE TEMÁTICO

Agradecimientos	i
Índice temático	ii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	iv
Índice de gráficos	iv

Capítulo 1 CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	2

Capítulo 2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo General	3
2.3. Objetivos Específicos	3

Capítulo 3 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Quinoa	3
3.1.1. Características del grano de quinua	4
3.1.2. Desaponificación del grano de quinua	5
3.2. Saponinas	6
3.2.1. Clasificación y estructura de las saponinas	6
3.2.2. Presencia de las saponinas en plantas	8
3.3. Tensión superficial	9
3.3.1. Clasificación de los tensoactivos	9
3.4. Detergencia	11
3.4.1. Factores del proceso deteritivo	11
3.4.2. Procesos que intervienen en una operación deteritiva	12
3.4.3. Mecanismos de detergencia	12
3.5. Espuma	15
3.6. Viscosidad	15
3.6. Importancia de la viscosidad en detergentes	16

Capítulo 4 MARCO NORMATIVO

4.1. Norma boliviana para lavavajillas	16
--	----

Capítulo 5 PARTE EXPERIMENTAL

5.1. Determinación de concentración de saponinas en extracto líquido	18
5.1.1. Determinación de extracto seco en el extracto líquido de mojillo de quinua	18
5.1.2. Determinación de la concentración de saponinas en extracto seco	19
5.2. Preparación de lavavajillas a partir de extracto líquido de saponinas	20
5.3. Poder detergente	21
5.4. Poder espumante y estabilidad de espuma	23
5.5. Viscosidad	24
5.6. Tensión superficial	24

Capítulo 6 RESULTADOS

6.1. Determinación de la concentración de extracto seco en el extracto líquido	25
6.2. Determinación de la concentración de saponinas en el extracto líquido	25
6.3. Preparación de lavavajillas a partir de extracto líquido de saponinas	26
6.4. Poder detergente	27
6.5. Poder espumante y estabilidad de espuma	27
6.6. Viscosidad	28
6.7. Tensión superficial	29

Capítulo 7 Conclusiones y recomendaciones

7.1. Conclusiones	30
7.2. Recomendaciones	30
Bibliografía	30
Anexos 1. Datos experimentales	33
Anexos 2. Fotografías	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del grano de quinua.	5
Figura 2. Estructura del spirostan.	6
Figura 3. Estructura de las saponinas triterpénicas con arreglo de anillos ABCDE.	7
Figura 4. Distribución de las moléculas de tensoactivo	9
Figura 5. Ejemplos de diferentes tipos de tensoactivos.	10
Figura 6. Esquema de proceso detergente.	11
Figura 7. Interfase suciedad aceite agua.	13
Figura 8. Superficies sin presencia de tensoactivo.	14
Figura 9. Superficies con presencia de tensoactivo.	14
Figura 10. "Rolling up".	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características estructurales de los derivados del spirostan para las saponinas y sus configuraciones.	6
Tabla 2. Tipos de agliconas basadas en las sustituciones en las saponinas triterpénicas.	7
Tabla 3. Requisitos fisicoquímicos.	17
Tabla 4. Requisitos microbiológicos.	18
Tabla 5. Proporciones de extracto alcohólico y ácido sulfónico lineal	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Cromatograma del estándar.	25
Gráfica 2. Cromatograma del extracto.	26
Gráfica 3. Detergencia	27
Gráfica 4. Estabilidad de la espuma	28
Gráfica 5. Viscosidad	28
Gráfica 6. Tensión superficial	29

Evaluación de las propiedades detergentes y capacidad formadora de espuma en lavavajillas preparado con de saponinas extraídas del mojuelo de quinua

CAPÍTULO 1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. Introducción

El cultivo de quinua en nuestro país se remonta a épocas prehispánicas, inicialmente la quinua era producida para satisfacer las necesidades básicas de consumo familiar y de un sector reducido de la población. Gracias a sus propiedades nutricionales la demanda externa ha crecido sosteniblemente en los últimos años (1). El valor de la quinua en nuestro país ha sido evaluado principalmente en el marco de su valor nutricional, agronómico y comercial dejándose de lado sus otras aplicaciones en la industria (.

Dentro de sus potenciales aplicaciones se encuentra su uso en la elaboración de detergentes. El grano de quinua, especialmente en su cáscara (mojuelo) posee una considerable concentración de saponinas, estos carbohidratos de gran tamaño al poseer un carácter ambifílico tienen propiedades detergentes (3).

Una industria que ha crecido en nuestro país es la de detergentes lavavajillas, que esencialmente siguen dependiendo de ingredientes sintéticos en su producción. Es importante evaluar la eficacia de formulaciones producidas a base de productos naturales en comparación de estos productos sintéticos para su posible introducción al mercado.

1.2. Antecedentes

Desde hace tiempo se ha sabido que las saponinas tienen la capacidad de generar espuma y sus propiedades detergentes. En Chile la planta conocida como Quillay (Quillaja Saponaria Molina) ha sido utilizada por los indígenas del pueblo Mapuche como detergentes para ropa y champú. Se ha hecho a su vez estudios para la elaboración de lavavajillas con extractos de la saponina de esta planta (4).

Otra planta de la cuál se han estudiado sus saponinas en cuánto a sus propiedades detergentes ha sido el caso de la *Camellia Oleifera*. La cuál también es utilizada como detergente natural (5), por otra parte también se ha trabajó en la elaboración de un shampoo a partir de la raíz de *Acanthophyllum squarrosum* (6). Desde hace mucho tiempo se ha sabido de la gran concentración de saponinas que posee la quinua. Inicialmente los estudios realizados al respecto se han concentrado principalmente en la caracterización fisicoquímica del grano de quinua y en la desaponificación de la quinua para el consumo humano (1, 7, 8, 9). Posteriormente se han estudios respecto a sus propiedades antifúngicas así como insecticidas (10,11). No se ha podido hallar referencias bibliográficas respecto a las propiedades deterativas de las saponinas de quinua, esta información puede ser muy útil para analizar su posible uso en detergentes tanto para limpieza de superficies duras o telas.

1.3. Justificación

El crecimiento y la demanda y los excelentes precios en le mercado internacional han constituido un excelente incentivo en la producción de quinua. Esto ha hecho que dicho producto se convierta en una importante fuente de ingresos para la población de las zonas productoras en nuestro país (2).

Esta mayor producción hace que se generen alrededor de 1000 Ton al año de residuos procedentes del escarificado de la quinua. La mayor parte se desecha por que se pierde al año toneladas de materia prima. Se puede ver por tanto a importancia de encontrar maneras de aprovechar estos recursos generando así fuentes de empleo y productos que aporten a la economía nacional (3).

Los desechos a su vez en las zonas productoras pueden causa de contaminación de los recursos hídricos adyacentes. Por ello se requieren alternativas de innovación tecnológica para el aprovechamiento de los residuos postcosecha (2).

Por otro lado hay preocupación en cuanto al efecto de los productos utilizados hoy en día en la elaboración de detergentes sobre el medio ambiente, encontrar productos que sean amigables con el mismo puede ayudar a aliviar el daño ocasionado por nuestros desechos. Los detergentes domésticos se encuentran entre los

contaminantes de naturaleza orgánica a nivel mundial. La biodegradabilidad de los detergentes es muy variable (12). De ahí la importancia de encontrar alternativas a los detergentes hoy utilizados en la industria

Durante mucho tiempo los nativos en América han utilizado productos extraídos de la naturaleza para sus actividades diarias, lo que incluye su propia limpieza (4). Un estudio sobre la eficacia de estos productos puede hacer que estos sean más atractivos a la industria reduciendo costos en producción y haciendo productos menos dañinos para el medio ambiente.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Evaluar las propiedades detergentes y capacidad espumante en formulaciones de detergentes lavavajillas preparados con extracto de saponina del mojuelo de quinua.

2.2. Objetivos Específicos

- Comparar la detergencia de las formulaciones de lavavajillas con extracto de saponina de quinua con los productos existentes en el mercado.
- Estudiar las propiedades espumantes y reológicas de las formulaciones para determinar su aceptación en el mercado.

Capítulo 3. Fundamento Teórico

3.1. Quinua

La quinua es una quenopodiácea característica de las regiones andinas más frías, es cultivada desde épocas prehispánicas constituyéndose uno de los alimentos básicos de la región. Su cultivo en los países de Ecuador, Perú y Bolivia; encontrándose la mayor diversidad en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. Pese a su gran diversidad en cuanto a color de la planta, color del grano, color de los tallos, tipo de panoja o

inflorescencia, hábito de crecimiento, etc. Los botánicos están de acuerdo en clasificar a la quinua cómo una sola especie. La quinua posee la siguiente clasificación taxonómica (1).

ORDEN: Centrospermales

FAMILIA: Chenopodiaceae.

SECCIÓN: Chenopodia.

SUBSECCIÓN: Cellulata.

GÉNERO: Chenopodium.

ESPECIE: Chenopodium quinoa willd.

NOMBRE COMÚN: Quinoa, jupa, jaira, etc.

Su mercado ha sido principalmente centrado en sus aplicaciones alimenticias.

Las actividades vinculadas con el complejo productivo de la quinua se encuentran en cinco zonas del altiplano boliviano. El altiplano sur, la mayor zona productora de quinua del país, principalmente de la variedad de quinua real, que es la de mayor valor nutritivo y que predomina en las exportaciones; el municipio de Challapata, principal centro de acopio, limpieza y comercialización del grano; La Paz y El Alto, que concentran centros de acopio, limpieza y transformación del producto; Cochabamba, centro de transformación de la quinua; y el Desaguadero, principal centro de acopio y exportación del producto, ya sea legalmente o por contrabando (2).

3.1.1. Características del grano de quinua

El grano de quinua tiene forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma. El episperma está constituido por tres capas: Una externa de superficie rugosa quebradiza la cual se desprende fácilmente al frotarlas, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano, la segunda capa es muy delgada y lise, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca, la cuarta capa está constituida por un solo estrato de células (9).

El embrión está formado por dos cotiledones, la radícula constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60 % de la superficie de la semilla (9).

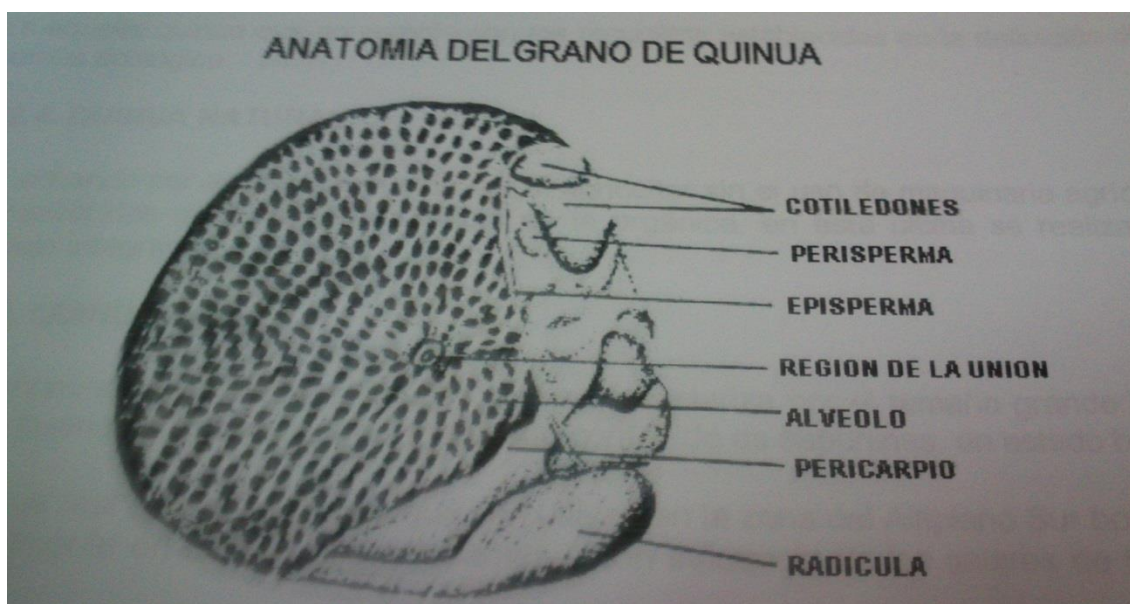


Figura 1. Anatomía del grano de quinua. Fuente (9)

3.1.2. Desaponificación del grano de quinua

Se conocen tres métodos de desaponificación: por vía seca, por vía húmeda y por vía combinada. El primero consiste en la separación del episperma del grano por medio de dispositivos mecánicos, que ejercen sobre el mismo un efecto de abrasión, aprovechando la característica de que la saponina se halla presente, sobre todo en las capas exteriores de la semilla de quinua, de este proceso se obtiene lo que se conoce como mojillo. El método húmedo, consiste principalmente en una extracción de las saponinas mediante solventes, siendo el agua el de mayor utilización. La vía combinada utiliza ambos métodos en una línea integrada de tratamiento (8).

3.2. Saponinas

Las saponinas son compuestos bioactivos producidos principalmente por las plantas, pero también por algunos organismos marinos e insectos. Químicamente, existen en forma de glucósidos de esteroides o triterpenospolíclicos. Debido a sus propiedades lipolares, son capaces de interactuar con membranas celulares y también son capaces de reducir la tensión superficial de una solución acuosa actuando así como lo que se conoce como surfactante. Esta actividad le dio el nombre, la palabra latina “sapo” se refiere a la formación de espuma similar al jabón en solución acuosa (13).

3.2.1. Clasificación y estructura de las saponinas

De acuerdo al carácter químico de la aglicona (conocida como sapogenina) las saponinas se dividen en esteroidales y triterpenoides. Las saponinas esteroidales de las plantas son principalmente compuestos de 27 carbonos formado por un esqueleto de spirostan y furostan (13).

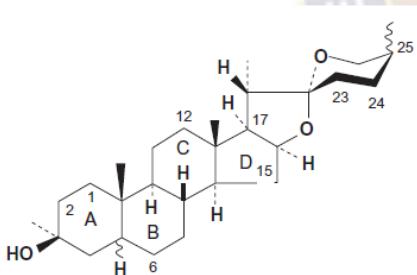


Figura 2. Estructura del spirostan. Fuente (15)

Type of sapogenin	Substituent at different C-positions					Double bonds	Configuration at	
	1 β	2 α	15 β	25	Others		C-5	C-25
Digitogenin		OH	OH	CH ₃			α	R
Diosgenin				CH ₃		Δ^5	-	R
Gitogenin		OH		CH ₃			α	R
Hecogenin				CH ₃	12=O		α	R
Neurocogenin		OH		=CH ₂		Δ^5	-	-
Penogenin				CH ₃	17 α OH	Δ^5		R
Sarsapogenin				CH ₃			β	S
Smilagenin				CH ₃			β	R
Tigogenin				CH ₃			α	R
Yamogenin				CH ₃		Δ^5	-	S

Tabla 1. Características estructurales de los derivados del spirostan para las saponinas y sus configuraciones. Fuente (13).

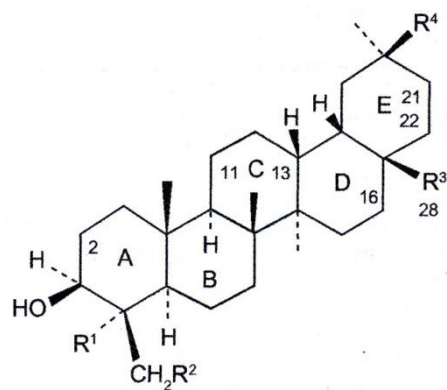


Figura 3. Estructura de las saponinas triterpénicas con arreglo de anillos ABCDE. Fuente (13)

Type of sapogenin	Substitution at different Carbon positions												
	2 β	3 β	11	13/28	16 α	21 β	22 α	R ¹	R ²	R ³	R ⁴	R ⁵	$\Delta^{1,2}$
Neutral triterpenoids													
Barringtonol C		OH			OH	OH	OH	CH ₃	H	CH ₂ OH	CH ₃	H	+
Priverogenin B		OH		-O-	OH		OH	CH ₃	H	CH ₂ -	CH ₃	H	-
Protoaescigenin		OH		-O-	OH	OH	OH	CH ₃	OH	CH ₂ OH	CH ₃	H	+
Protoprimumagenin A		OH			OH			CH ₃	H	CH ₂ -	CH ₃	H	-
Triterpenoid monocarboxylic acids													
Bayogenin	OH	OH						CH ₂ OH	H	COOH	CH ₃	H	+
Glycyrrhethinic acid		OH	=O					CH ₃	H	CH ₃	COOH	H	+
Gypsogenin		OH						CHO	H	COOH	CH ₃	H	+
Hederagenin		OH						CH ₂ OH	H	COOH	CH ₃	H	+
Oleanolic acid		OH						CH ₃	H	COOH	CH ₃	H	+
Polygalic acid	OH	OH			OH			CH ₂ OH	H	COOH	CH ₃	H	+
Quillajic acid		OH			OH			CHO	H	COOH	CH ₃	H	+
Triterpenoid dicarboxylic acids													
Gypsogic acid		OH						COOH	H	COOH	CH ₃	H	+
Medicagenic acid	OH	OH						COOH	H	COOH	CH ₃	H	+
Preseneginin	OH	OH						COOH	H	COOH	CH ₃	OH	+

Tabla 2. Tipos de agliconas basadas en las sustituciones en las saponinas triterpénicas. Fuente (13)

Las saponinas triterpénicas contienen principalmente agliconas con 30 átomos de carbono. Los esqueletos estructurales más comunes son los oleanospentacíclicos (13).

El amplio espectro de las saponinas es resultado de los variados grados de hidrólisis en la aglicona. La tabla 1 muestra los derivados de la estructura spirostan debido a dicho grado de hidrólisis, lo mismo se muestra en la tabla 2 en relación a las saponinas triterpénicas.

Los monosacáridos de las saponinas incluyen también un amplio espectro de azúcares sencillos, cómo la D-glucosa, D-galactosa, D-fructuosa, 3-metil-D-glucosa, D-xilosa, L-arabinosa, L-rhamnosa, L-fucosa, D-apiosa, y D-quinovosa, además de los ácidos D-glucorónico y D-galactorónico (13).

3.2.2. Presencia de las saponinas en plantas

Las más conocidas saponinas son metabolitos secundarios producidos en Magnoliophyta, estando tanto en monocotiledóneas como dicotiledóneas. Sin embargo, la mayoría de las saponinas son producidas por dicotiledóneas. Las saponinas esteroidales son producidas especialmente en algunas familias monocotiledóneas por ejemplo. Agavaceae, Alliaceae, Asparagaceae, Convallariaceae, Dioscoreaceae, Liliaceae, Trilliceae, y Smilacaceae. En las dicotiledóneas las saponinas esteroidales se encuentran en pocas familias como Fabaceae, Solonaceae, y Scrophulariaceae. El punto de inicio para la biosíntesis de saponinas esteroidales es el colesterol, presumiblemente de la hidroxilación en posición C-26 o C-27, y la unión del grupo hidroxil resultante con la glucosa. Después de eso, reacciones de hidroxilación ocurren en las posiciones C-16 y C-22, seguidas de la deshidrogenación y formación del anillo furano fusionado. En algunos casos la biosíntesis empieza también desde el cicloartenol el cuál es entonces transformado en colesterol (13).

Las saponinas triterpénicas son principalmente encontradas en las dicotiledóneas. Aproximadamente 60 familias de este taxón producen este tipo de saponinas, incluyendo Apiceae. Araliaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Hippocastanaceae, Primulaceae, Ranunculaceae, Sapotaceae, Theaceae (13).

Parte de la biogénesis de las saponinas triterpenoides es la ciclación del squaleno a dammaranos, el cual es modificado por la abertura de anillos y/o seguido por su unión a vialupanos y oleanos a ursanos. La biosíntesis in plantas está estrictamente compartimentada y basada en la vía mevalonato (13).

3.3. Tensión superficial

Los líquidos tienden a adoptar formas que minimizan el área de su superficie. La energía necesaria para estirar o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área se conoce como tensión superficial (14). Ciertas sustancias conocidas como surfactantes o tensoactivos tienen la propiedad de reducir dicha tensión superficial y exhiben una tendencia a formar micelas en solventes. Se concentran en la interfase entre cuerpos o gotas de agua y aceites o lípidos y actúan como agentes espumantes o emulsificantes (15).

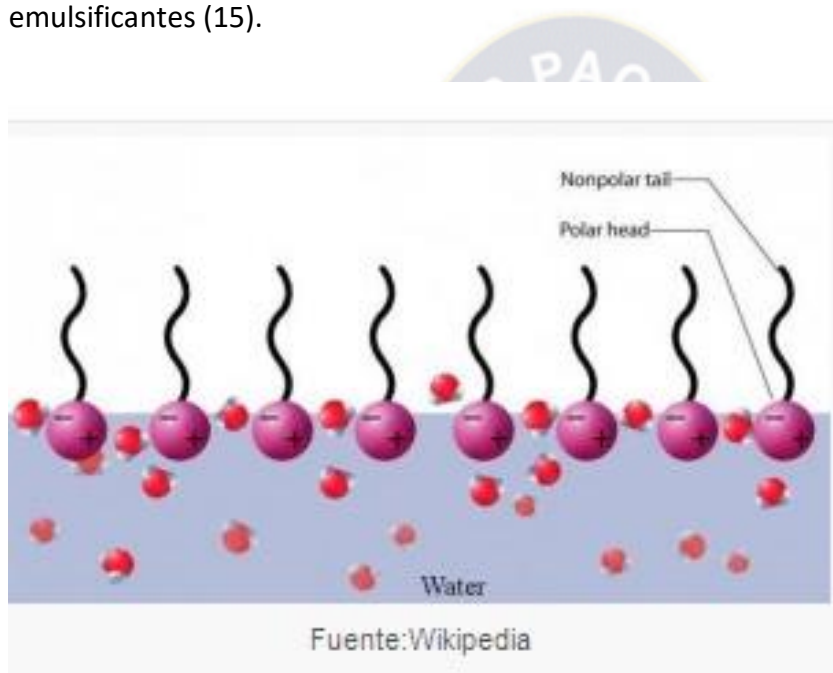


Figura 4. Distribución de las moléculas de tensoactivo (16).

3.3.1. Clasificación de los tensoactivos

Los tensoactivos se clasifican de acuerdo a su estructura y caen dentro de cuatro grandes categorías (17).

Los tensoactivos iónicos contienen en uno de sus grupos una carga neta que puede ser iónica o catiónica. También contienen una cadena hidrofóbica.

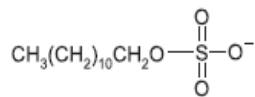
Las sales ácidas biliares son detergentes iónicos, estos difieren de los anteriores ya que su esqueleto consiste en grupos esteroidales rígidos. Como resultado tienen caras polares o apolares en vez de grupos bien definidos.

Los tensoactivos no iónicos contienen grupos hidrofílicos no cargados o grupos glucosídicos.

Los tensoactivos zwitterionicos combinan las propiedades de los tensoactivos iónicos y no iónicos. Dentro de este grupo se encuentran los tensoactivos anfóteros que pueden tener carga positiva o negativa dependiendo del pH (20).

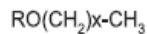
a.
Ionic detergents

Sodium dodecyl sulfate (SDS)

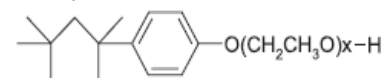


c.
Non-Ionic Detergents

R = glucose, x = 7, n-octyl-β-D-glucopyranoside
R = maltose, x = 9, decyl-β-D-maltoside
x = 11, dodecyl-β-D-maltoside

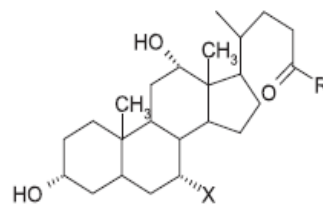


x = 9, Triton® X-100
x = 7-8, Triton® X-114



b.
Bile Acid Salts

X=H, R = O-Na⁺, sodium deoxycholate
X=OH, R = O-Na⁺, sodium cholate



d.
Zwitterionic Detergents

x = H, CHAPS
x = OH, CHAPSO

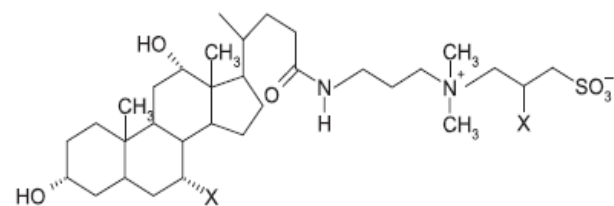


Figura 5. Ejemplos de diferentes tipos de tensoactivos. Fuente (17)

3.4. Detergencia

Se conoce bajo el término de detergencia el proceso de eliminación de las sustancias indeseadas adheridas a objetos o a la piel de los seres vivos. El efecto de la limpieza que se logra mediante la aplicación de un detergente no se debe sólo a la acción del tensoactivo, sino a la adecuada combinación de distintos efectos que actúan sinérgicamente en el sustrato sucio (19).

3.4.1. Factores del proceso deterativo

Son tres los factores que intervienen en el proceso deterativo (19):

- El sustrato: material sólido que se desea limpiar.
- La suciedad: materias extrañas a eliminar de la superficie del sustrato.
- El baño de lavado: medio líquido que actúa sobre el sustrato para eliminar la suciedad.

La siguiente figura muestra una esquema del proceso deterativo.

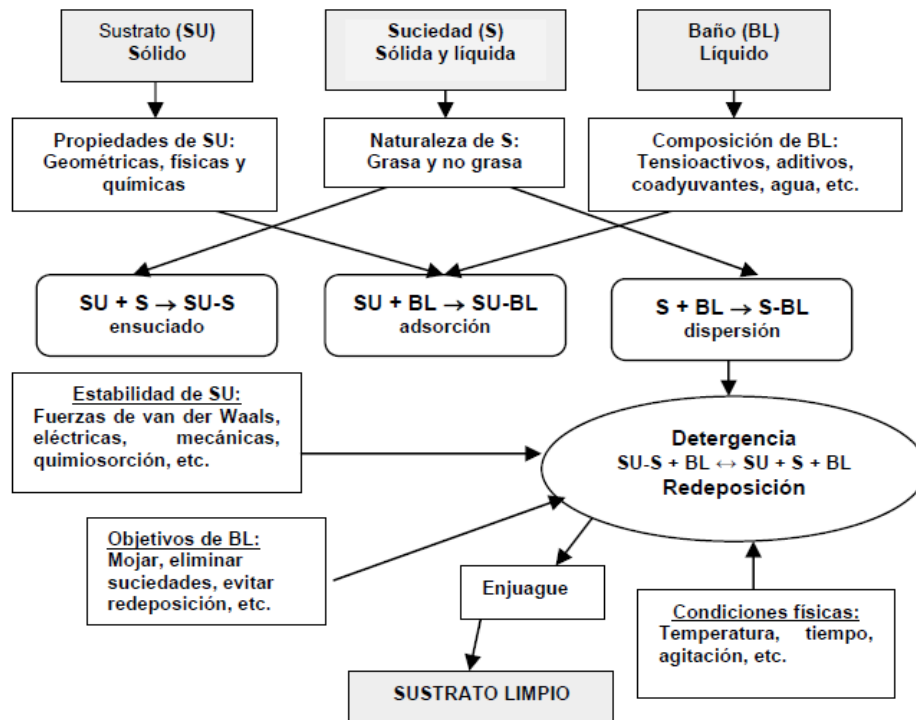


Figura 6. Esquema de proceso deterativo. Fuente (20)

3.4.2. Procesos que intervienen en una operación deterativa

En toda operación deterativa hay que considerar un proceso fundamental, así como los procesos secundarios (20).

Proceso fundamental.- Su esquema ideal es el siguiente:

Complejo sustrato-suciedad + Baño → Sustrato + Suciedad + Baño (Ec. 1)

A este proceso se opone el conocido como redeposición, durante el cual ciertos componentes de la suciedad que ya se encontraban separados del sustrato y dispersos en el baño vuelven a depositarse.

Procesos secundarios.- Son dos, los cuales pueden influir mucho sobre la eficacia del lavado. Sus esquemas son los siguientes.

Suciedad + Baño → Complejo suciedad baño (Ec. 2)

Sustrato + Baño → Complejo sustrato-baño (Ec. 3)

Si el primer complejo llega a estar adecuadamente estabilizado el sustrato puede quedar totalmente limpio. Por otro lado el segundo complejo puede disminuir la concentración del baño o puede haber una reacción química entre ambos. De ahí que también sea importante considerar dichos procesos.

3.4.3. Mecanismo de la detergencia

Debido a que la suciedad con la que suelen lidiar este tipo de detergentes es de naturaleza grasa. Nos centraremos en el mecanismo de separación de este tipo de suciedad (20).

Ya mencionamos antes que debido a su naturaleza anfifílica las saponinas son capaces de disminuir la tensión superficial. Trataremos la forma en que lo hace posteriormente y nos centraremos ahora en la forma en que la suciedad se desprende del sustrato por causa de dicha disminución de la tensión superficial. Dentro del estudio de este mecanismo es de relevancia la ecuación de Young (Ec. 4) que relaciona la tensión superficial entre la solución surfactante y el aceite (γ_{ws}), entre el aceite y el sustrato (γ_{os}) y entre la solución surfactante y el sustrato (γ_{ow}) al ángulo de contacto en equilibrio (θ) medido a partir de la suciedad (20,21).

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{ws} + \gamma_{os}}{\gamma_{ow}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Para entender esta fórmula imaginemos una superficie plana perfectamente horizontal e hidrofóbica como sustrato sobre el cual el baño no ejerce ningún efecto químico ni penetra en su interior. Este sustrato soporta una gota de suciedad oleosa cuya forma corresponde a la figura 7. El sistema está cubierto por un medio acuoso sin agitar. Las notaciones de cada superficie y sus tensiones respectivas son las anteriormente mencionadas (20).

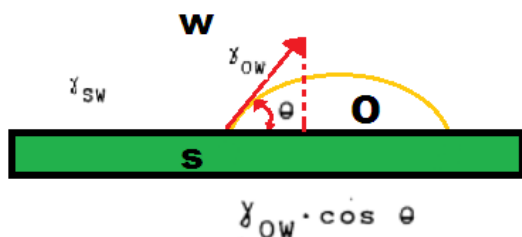


Figura 7. Interfase suciedad aceite agua. Fuente (Elaboración propia)

Se admite que entre las tensiones interfaciales se cumple la condición.

$$\gamma_{os} < \gamma_{ws} < (\gamma_{os} + \gamma_{ow}) \quad (\text{Ec. 5})$$

Se alcanza el equilibrio de fuerzas cuando se cumple la ecuación de Young.

Si el medio acuoso no tiene tensoactivos el valor del ángulo θ es próximo a cero, pues el valor de γ_{os} es pequeño con respecto a los otros dos valores como consecuencia de la gran afinidad del sustrato hidrofóbico y la suciedad (Figura 8).



Figura 8. Superficies sin presencia de tensoactivo. Fuente: Elaboración propia.

Si se incorpora una pequeña cantidad de un tensoactivo soluble en agua e insoluble en la fase oleosa, el valor del ángulo agudo de contacto aumenta pues γ_{os} no varía mientras que γ_{ws} ha disminuido como consecuencia de la adsorción del tensoactivo sobre la superficie hidrofoba del sustrato (Figura 9).

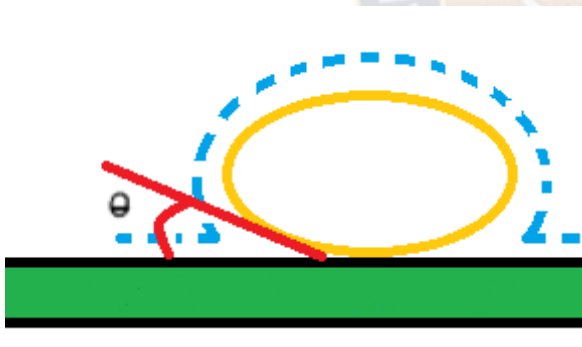


Figura 9. Superficies con presencia de tensoactivo. Fuente (Elaboración propia)

Si se sigue elevando la concentración del tensoactivo, el valor del ángulo θ sigue aumentando para alcanzar los 90° cuando se hayan igualado γ_{os} y γ_{ws} . Cuando γ_{ws} se hace inferior a γ_{os} el ángulo supera los 90° . Conforme sube el ángulo se llega al punto en que la suciedad se separa del sustrato, todo este proceso es conocido como “rolling up” (Figura 10).



Figura 10. "Rolling up". Fuente (Elaboración propia)

3.5. Espuma

Se conoce como espuma a una dispersión de burbujas de gas en un líquido. La fracción en volumen del gas en una espuma se encuentra entre 0,5 y 0,97; si dicha fracción está por encima de 0,75, las burbujas se deforman entre ellas. El tamaño de una burbuja está entre 0,1 y 3 mm, lo que implica que el número de burbujas es aproximadamente 10^3 burbujas por mililitro, comparados con las 10^{11} gotas en una emulsión (21).

La espuma puede formarse de dos maneras (21).

1. Por sobresaturación de un líquido con gas, ya sea disolviendo el gas bajo presión y liberando la presión (cómo en las gaseosas), y dejar que se formen in situ. (levadura). La nucleación de las burbujas de gas es el proceso crítico.
2. Por medios mecánicos, por inyección de gas a través de entradas estrechas, o por agitación.

3.6. Viscosidad

Se define viscosidad como la resistencia interna a fluir presente en un líquido. Se dice que un líquido tiene una viscosidad de 1 poise si la dureza de 1 dina por centímetro cuadrado causa que dos superficies paralelas de 1 cm^2 de área y separadas entre sí por la distancia de 1 centímetro se muevan a una velocidad relativa de un 1 cm/s . El agua es el patrón primario de viscosidad, poseyendo una viscosidad admitida de 0,01002 poise a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (22).

3.6.1. Importancia de la viscosidad en detergentes

Viscosidad es importante en un producto debido a razones comerciales y técnicas. La primera es el atractivo al consumidor. Los usuarios esperan que un producto espeso sea más concentrado y rico que uno que no lo es. La segunda razón es la estabilización de la suspensión. En suspensiones, los aditivos reológicos retrasan la separación de los sólidos suspendidos durante el almacenamiento. La tercera razón es que confieren propiedades tixotropicas para mejorar la movilidad durante la aplicación y facilitar la distribución en la superficie (18).

A pesar de lo que pudiera parecer, un lavavajillas viscoso no tiene por qué contener una mayor proporción de materia activa ni ser más efectivo. La adición de algunas sustancias, como la barata sal común, engorda el detergente y lo hace más viscoso, sin por ello aumentar su capacidad para eliminar la grasa. Una viscosidad adecuada juega con el equilibrio entre la densidad (para facilitar su correcta dosificación) y la fluidez (para que el lavavajillas no obture el tapón y salga con facilidad). Además, en el caso de los lavavajillas concentrados el consumidor espera que sean más espesos que sus equivalentes diluidos. Se consideran correctas las viscosidades entre 300 centipoises (cps) y 600 cps. Se considera que por encima de 1.000 centipoises extraer el líquido resulta complicado y se puede obstruir el tapón (23).

Capítulo 4. Marco Normativo

4.1 Norma boliviana para lavavajillas

La norma boliviana NB 74026 establece los siguientes requisitos para lavavajillas (24).

Requisitos generales

El detergente para lavado de vajilla, en sus diversas formas de presentación, debe cumplir las siguientes condiciones generales.

- si su forma de presentación es líquido transparente, al ser examinado visualmente debe estar exento de cualquier tipo de sedimento o sustancias ajenas al producto;
- si el producto se presenta en forma de emulsión, gel, dispersión o suspensión, deber ser homogéneo y no debe tener signos visibles de separación o cambios bruscos de color;
- todos los ingredientes con acción específica adicionados a la formulación deben estar incluidos en lista oficiales que avalen tal función;
- debe conservar su aspecto, olor y color característicos durante el tiempo de vida útil en condiciones normales de almacenamiento;
- todas las materias primas que se adicionan deben ser de uso permitido por los organismos competentes;
- no debe ser agresivo para la piel en condiciones normales de uso;
- deben ser completamente solubles en agua.

Requisitos específicos

Un detergente para lavado de vajilla debe cumplir con los requisitos establecidos en las siguientes tablas.

Clasificación	Contenido de tenso activo aniónico, en % (m/m)	pH a 20 C	Punto de enturbiamiento C
Alto desempeño	20% o mayor	6 a 8,5	<-2
Convencional	12% a 19%	6 a 8,5	<-2
Formulación especial	12% a 19%	6 a 8,5	<-2
Formulación económica	4% a 11%	6 a 8,5	<-2

Tabla 3. Requisitos fisicoquímicos. Fuente (24)

NOTA

El punto de enturbiamiento, es aplicable para detergentes transparentes.

Microorganismo	Requisitos
Recuento de mesófilos aerobios totales	Máximo 1000 UFC/g o UFC/ml
Hongos y levaduras	Ausencia
Pseudomonasaeruginosa en 1 g o 1 ml	Ausencia
Staphylococcus aureus en 1 g o 1 ml	Ausencia
Coliformes totales y fecales	Ausencia
Burckholderiacepacia en 1 g o 1 ml	Ausencia

Tabla 4. Requisitos microbiológicos. Fuente (24)

Capítulo 5. Parte Experimental

5.1. Determinación de concentración de saponinas en el extracto líquido

5.1.1. Determinación de extracto seco en el extracto líquido de mojillo de quinua

Materiales

- Envases pequeños.

Reactivos

- Extracto líquido de mojillo de quinua

Procedimiento

Se utilizó extracto alcohólico de mojillo de quinua provisto por el laboratorio de Físicoquímica de la carrera de ciencias químicas, para determinar la cantidad de extracto seco, se colocó una pequeña cantidad del extracto líquido en recipientes

previamente pesados, se secó a temperatura ambiente y posteriormente se peso nuevamente, la diferencia nos dio el porcentaje de extracto seco en el extracto líquido.

$$\% = \frac{\text{Masa del extracto seco}}{\text{Masa del extracto líquido}} * 100 \quad (\text{Ec. 6})$$

5.1.2. Determinación de la concentración de saponinas en el extracto seco

Materiales

- Jeringas.
- Tubos Eppendorf.
- Filtro de éster celulosa de 0,45 µm
- HPLC Agilent 1100 Series
- Ultrasonido

Reactivos

- Agua ultrapurificada
- Ácido fórmico.
- Acetonitrilo.

Procedimiento

Se utilizó la técnica de HPLC descrita por Maribel Lozano (10) que es como sigue:

- Se disolvieron tanto el extracto seco como el estándar de saponina a una concentración de 15 mg/ml en el agua ultrapurificada en los tubos Eppendorf.
- Las soluciones se hicieron pasar a través del filtro de celulosa usando las jeringas en los diales que se utilizaron para la inyección.
- Se inyectó la muestra en el HPLC utilizado como solvente "A" una solución al 0,1% de ácido fórmico, homogeneizada con ultrasonido, y como solvente "B"

acetonitrilo al 100%, se utilizó una Columna Kromasil RP C₁₈ de 4 mm*125 mm d.i., 5 µm a 20 °C y 219 nm.

- Se determinó la concentración de saponinas en el extracto seco utilizando la siguiente fórmula, el factor a multiplicar es 80 debido a que la pureza de saponina en el estándar es 80% (10).

$$X = \frac{A}{B} * 80(\text{Ec. 7})(10)$$

Dónde X = Porcentaje de saponina en el extracto.

A = área total de la muestra.

B = área total del estándar.

5.2. Preparación de lavavajillas a partir de extracto líquido de saponinas

Se prepararon las fórmulas limpiadoras de la siguiente manera, se tomo como referencia la fórmula proporcionada por Maprial Srl. (25).

Materiales

- Vaso de precipitado de 300 ml.
- Vaso de precipitado de 200 ml.
- Vaso de precipitado de 50 ml.
- 3 Varillas de vidrio.
- 2 Pipetas de 10 ml.
- Balanza

Reactivos

- Agua Destilada
- Texapon
- Ácido sulfónico lineal
- Ninol 40 CO

- Hidróxido de sodio
- Sal
- Glicerina
- Solubilizante PG.

Procedimiento

- Disolver 13,5 gramos de Texapon en agua destilada (85 ml) a 50 °C. (Tres veces) (Solución A)
- Mezclar Acido alquilsulfónico lineal con el extracto de saponina hasta llegar a 15 g en las siguientes proporciones:

Ácido alquilsulfónico Lineal (%)	Extracto líquido de saponina (%)
100	0
95	5
90	10
80	20
70	30

Tabla 5. Proporciones de extracto alcohólico y ácido sulfónico lineal (Elaboración propia)

- Agregar 1 gramo de Ninol a cada una de las mezclas (Solución B).
- Verter lentamente la solución A en la solución B.
- Disolver 2 gramos de Hidróxido de sodio con una pequeña cantidad de solubilizante. Agregar hasta obtener un pH entre 7 y 8.
- Disolver 1,5 gramos de sal en una pequeña cantidad de solubilizante, verter lentamente.
- Adicionar 3 ml de glicerina.

5.3. Poder deteritivo

Para la determinación del poder deteritivo, se utilizó la norma descrita como D4009-92 (26), con algunas modificaciones, el cual determina la eficacia en base al número de platos lavados con referencia a suciedad estándar. El método usado como sigue:

Materiales

- Platos en buena condición
- Bañador para platos
- Trapo de lavar
- Dispensador de agua de 4 litros.
- Vaso de precipitado de 200 ml

Reactivos

- Agua
- Detergente vajillero
- Manteca
- Aceite vegetal
- Aceite de almendra
- Ácido Oleico
- Sal
- Gelatina
- Harina
- Agua
- Espátula

Procedimiento

- Preparar suciedad
 - Pesar la manteca (18,3%), aceite vegetal (9,2%), aceite de almendra (9,2%) y el ácido oleico (4,2%) en el vaso de precipitado a 38 °C. Agregar la sal (0,4%), gelatina (0,4%) y harina (41,6%) mientras se bate con la espátula. Guardar entre 2 y 6 °C. Antes de usarse mezclar con el agua.
- Preparación de platos sucios
 - Lavar los platos y secarlos. Colocar en el plato 6 gramos de la suciedad preparada. Esparcir la suciedad con un dedo usando y guante de látex.
- Preparación de la solución de lavado

- Agregar 3 gramos del detergente en uno de los vasos de 25 ml y echarlo en el bañador.
- Añadir 3,9 litros del agua a 41 °C en el bañador, el dispensador de agua debe estar a 60 centímetros de la parte alta del bañador de modo que caiga en el centro del mismo.
- Lavado
 - Colocar el trapo de lavado en el agua de lavado y empezar veinte segundos después de completarse la adición de agua. Lavar un plato a la vez, tanto adelante como atrás. Usar un plato cada 30 segundos. La prueba termina en el punto donde solo la mitad de la superficie de lavado muestra una capa delgada de espuma.

5.4. Poder espumante y estabilidad de la espuma

Se usó el método descrito por Lunkenheimer y Malysa (27), el cual se describe a continuación:

Materiales

- Jeringa 60 ml con manguera
- Columna graduada.
- Cronómetro

Reactivos

- Detergentes preparados.
- Detergente comercial.

Procedimiento

- Colocar 50 ml de una solución al 2 % de detergente en la columna graduada.
- Introducir 100 ml de aire con la ayuda de la jeringa, medir la altura inicial de la columna de espuma y la altura después de 5 minutos.

- El factor R5 que nos dirá la estabilidad de la espuma, Según Lunkenheimer (27) un factor R5 por encima de 50% muestra una espuma de alta estabilidad. Dicho parámetro se calcula de la siguiente manera.

$$R5 = \frac{h_5}{h_0} * 100 \text{ (Ec. 8) (27)}$$

Donde R5 = Factor de estabilidad de la espuma.

h_5 = Altura de la columna a los 5 minutos.

h_0 = Altura inicial de la columna.

5.5. Viscosidad

Materiales

- Viscosímetro AyD Company, Japan, modelo SV-10.

Reactivos

- Detergentes vajilleros.

Procedimiento

Se coloca la muestra en la celda del viscosímetro, posteriormente se inicia el equipo el cuál da el valor de la viscosidad de la muestra.

5.6. Tensión superficial

Materiales

Tensiómetro de anillo Frangrui BZY-102.

Reactivos

Detergentes vajilleros

Procedimiento

Se preparó soluciones al 1% m/v de los detergentes, se coloca la muestra en el frasco del dispositivo y se sumerge un anillo de platino, el cual se va sacando lentamente, el equipo mide la tensión superficial en base a la fuerza con la que líquido tira del anillo.

Capítulo 6. Resultados

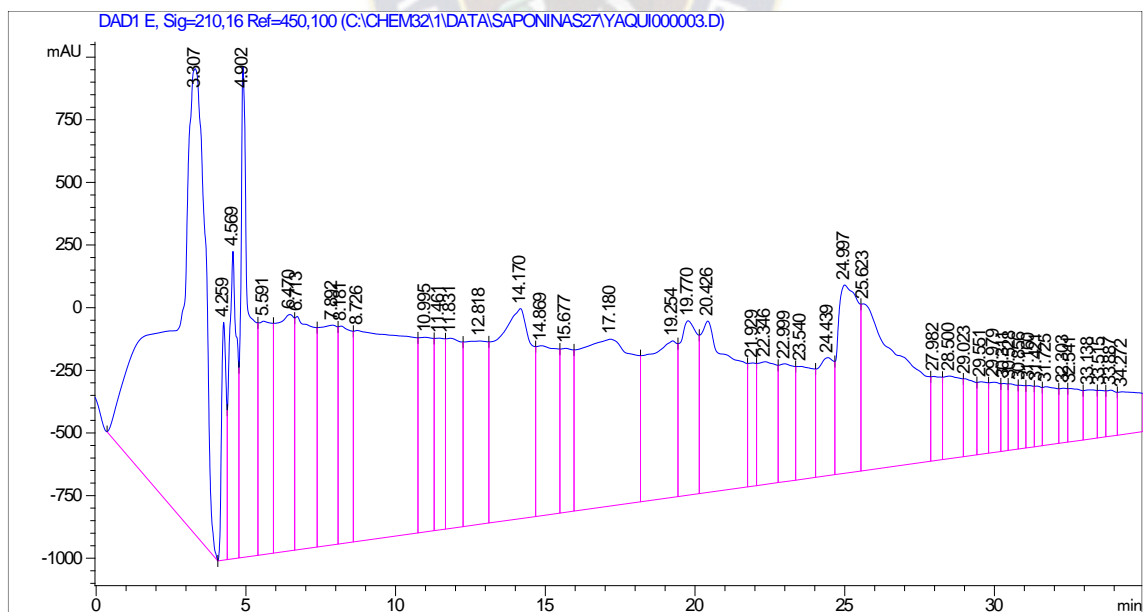
6.1. Determinación de concentración de extracto seco en el extracto líquido

El valor promedio de extracto seco en la solución fue de:

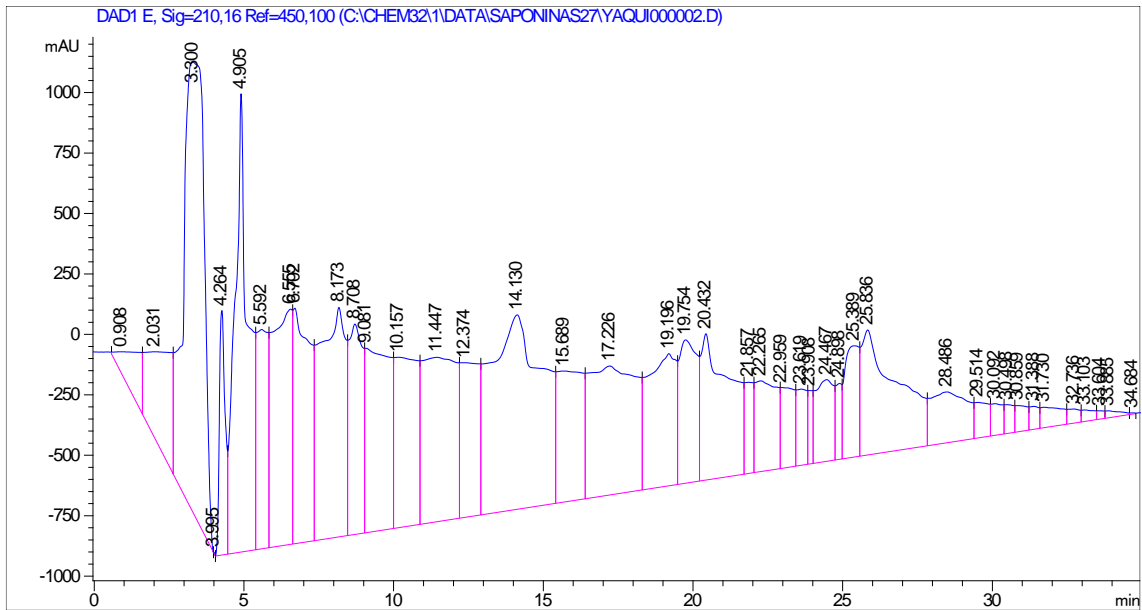
$$(11,6 \pm 0,4)\%$$

6.2. Determinación de la concentración de saponinas en el extracto seco

Se obtuvieron los siguientes cromatogramas en el equipo de HPLC a 210 nm:



Gráfica 1. Cromatograma del estándar.



Gráfica 2. Cromatograma del extracto.

Los picos de las saponinas corresponden entre 15 y 26 minutos (24), se uso el método de pesaje para determinar la relación de las áreas de las distintas curvas y en base a esta proporción se calculo el porcentaje de saponinas en la muestra dando el siguiente resultado.

$$(56 \pm 1)\%$$

En base a los datos obtenidos se puede calcular el porcentaje de saponina en el extracto líquido, aplicando también la propagación de errores para un producto.

$$\frac{11,6 \text{ g ext. sec.}}{100 \text{ g ext. liq.}} * \frac{56 \text{ g. saponina}}{100 \text{ g ext. sec.}} = 0,0650 \text{ g saponina/g ext. líq}$$

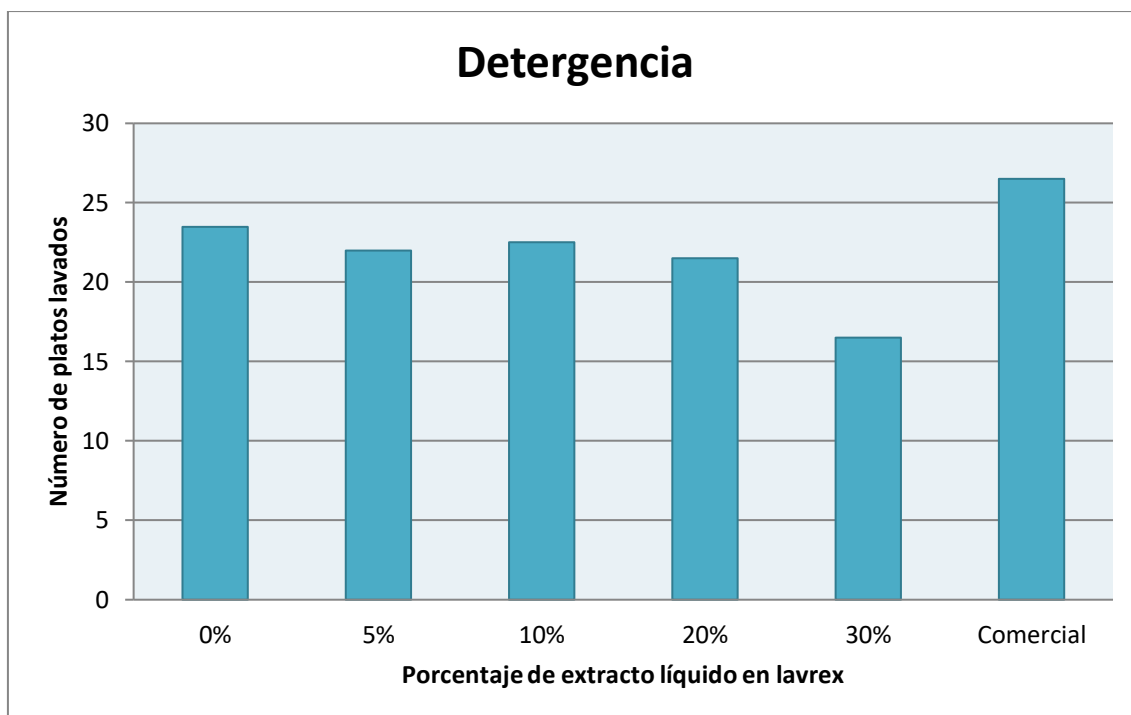
$$0,065 * 100 = (6,50 \pm 0,05)\%$$

6.3. Preparación de lavavajillas a partir de extracto líquido de saponinas

Se prepararon los detergentes vajilleros según el procedimiento previamente indicado en todos los casos se agregó el hidróxido de sodio hasta alcanzar un pH entre 6 y 8 (26) y se agregó el solubilizante hasta desaparecer la turbidez.

6.4 Poder deteritivo

A continuación se muestra el poder deteritivo de los preparados comparados con un lavavajillas comercial.

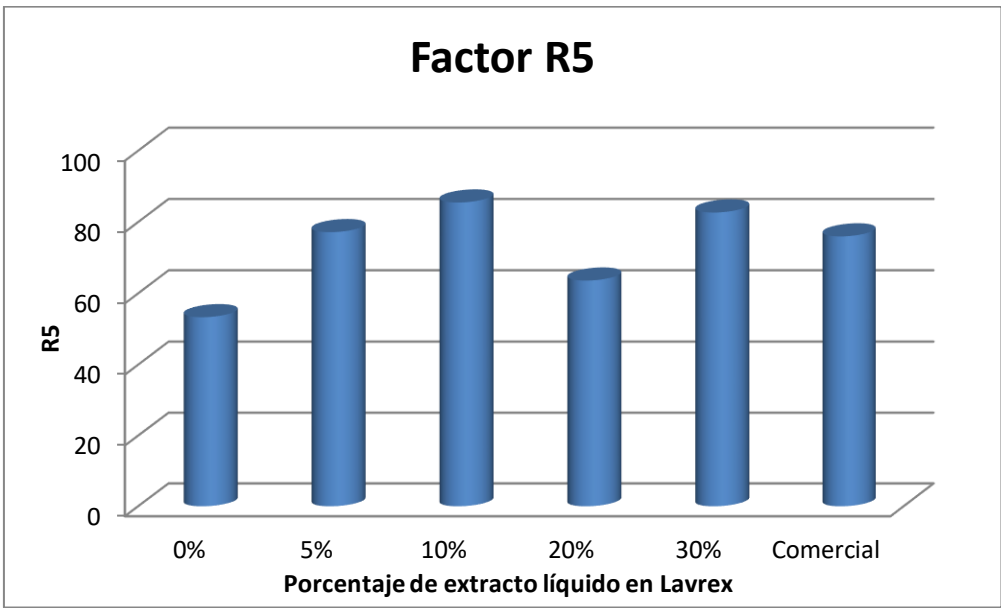


Gráfica 3. Detergencia.

El gráfico muestra la detergencia en base a al número de platos lavados, cada barra representa uno de los detergentes preparados y la proporción del extracto con referencia al detergente principal (Ácido alquilsulfónico lineal). Puede observarse que la detergencia se mantiene estable conforme aumenta la proporción de extracto líquido de saponina, manteniéndose entre los 21 y 23 platos lavados, y decreciendo al final (16,5 platos lavados). Se observa también que los preparados son menos efectivos que el lavavajillas comercial el cual supera los 26 platos lavados.

6.5. Poder espumante y estabilidad de la espuma

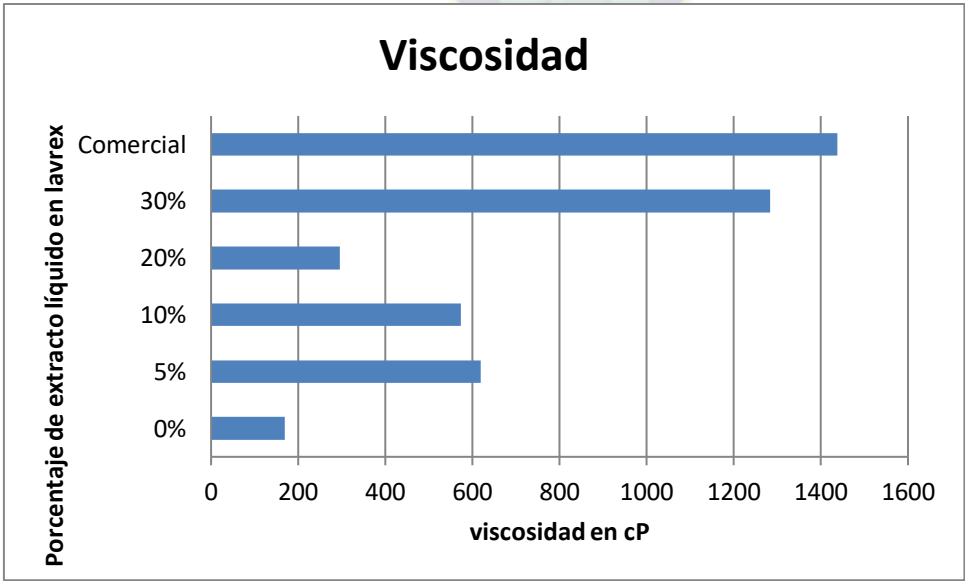
El factor R5 fue calculado en todos los casos y comparado con el lavavajillas comercial.



Gráfica 4. Estabilidad de la espuma.

La gráfica muestra que en todos los casos, tanto en los detergentes preparados como el detergente comercial, el factor R5 supera el 50%, esto indica que las espumas generadas por los detergentes son muy estables (27)

6.6. Viscosidad

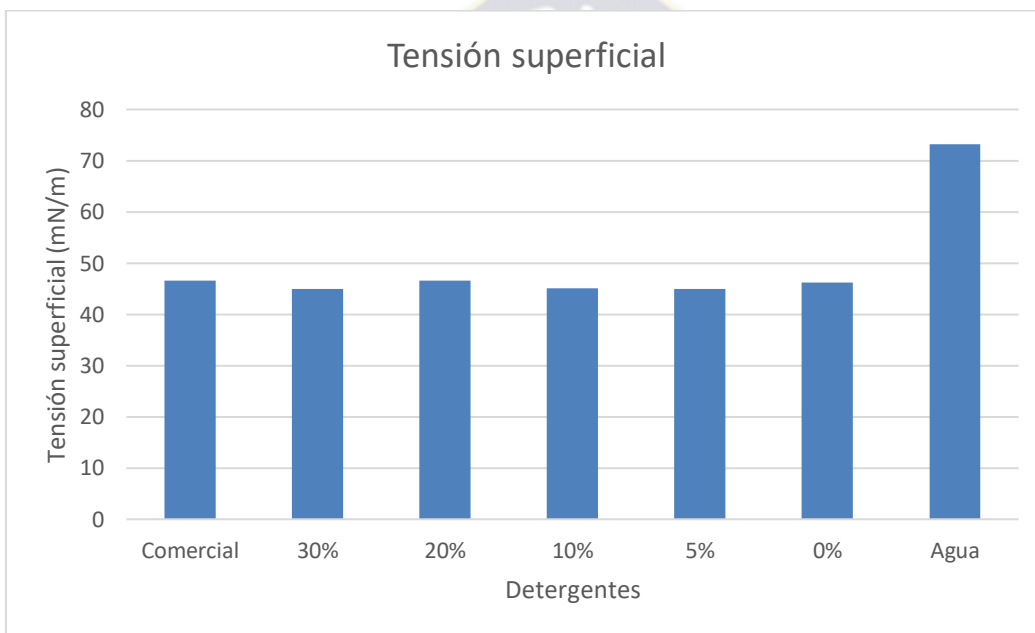


Gráfica 5. Viscosidad

Se puede notar que la mayor parte de los preparados no poseen una viscosidad ideal (mayor a los 800 cP), esto principalmente debido a que el solubilizante que evita la turbidez disminuye la viscosidad del preparado, en el caso del valor de 30% no fue necesario añadir el solubilizante, ya que el detergente ya era cristalino.

6.7. Tensión superficial

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos para la tensión superficial en los detergentes:



Gráfica 6. Tensión Superficial

La disminución de la tensión superficial del solvente donde se halla el tensoactivo, en este caso agua, es una de sus propiedades esenciales, se puede notar que esta disminución se mantiene constante en el caso de los detergentes preparados y lavados, este valor nos indica si una sustancia tiene capacidad detergente pero parece no indicar la eficacia del mismo.

Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

Los detergentes preparados tienen una eficacia menor al detergente comercial, en el caso de los detergentes preparados, en la prueba de detergencia el número de platos lavados inicialmente osciló en 21 y 23 para finalmente decrecer a sólo 16,5. Por otro lado el lavavajillas comercial supera los 26 platos lavados. Se observó que el poder detergente tiende a disminuir al aumentar la cantidad del extracto. Todas las preparaciones mostraron una espuma de alta estabilidad, ya que el factor R5 superó el 50% en todos los casos. La prueba de viscosidad mostró que el extracto de saponina puede actuar mejor como agente aclarante que como detergente principal, ya que en el caso donde el extracto de saponina estuvo en mayor proporción no fue necesario agregar el agente aclarante, lo que resultó en un preparado de mayor viscosidad. La disminución de la tensión superficial no fue significativamente diferente en todos los casos, el valor de disminución de la tensión superficial de la superficie agua aire nos dice que la sustancia puede ser un buen espumante como se vio el caso en la prueba de espuma, pero no da información de la capacidad detergente, ya que esta depende de las interfaces agua-aceite, sustrato-aceite y sustrato agua.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda seguir estudiando la propiedad aclarante del extracto, también es importante realizar pruebas de toxicidad, así como pruebas de biodegradabilidad de los detergentes preparados.

Bibliografía

- (1) Reynaga A., M. Quispe, A. Huarachi, I. Calderón, J. L. Soto y M. Torrez. 2011. CARACTERIZACIÓN FÍSICA-QUÍMICA DE TRECE ECOTIPOS DE QUINUA REAL (*CHENOPODIUM QUINOA WILLD*) DEL ALTIPLANO SUR DE BOLIVIA CON FINES AGROINDUSTRIALES. Convenio UMSA, Facultad Técnica, carrera de Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz-Bolivia.
- (2) Quintanilla R. PRODUCCIÓN DE QUINUA EN ORURO Y POTOSÍ. Programa de investigación estratégica en Bolivia. La Paz-Bolivia.

- (3) Lozano P., et. al. 2012. CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN RESIDUOS DE QUINUA REAL *CHENOPODIUM QUINOA* WILLD. Revista Boliviana de Química. VOLUMEN 29, No.2. La Paz-Bolivia.
- (4) Silva Rodríguez. 2004. D. USO DE LAS SAPONINAS EN LA FORMULACIÓN DE LAVALOZAS, Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, Volumen 2, Nº2. Colombia.
- (5) Chen Yu-Fen et. al. 2010. FOAM PROPERTIES AND DETERGENT ABILITIES OF THE SAPONINS FROM *CAMELLIA OLEIFERA*. International Journal of Molecular Sciences, Volumen 11, páginas 4414-4425.
- (6) Nasrin A., Eskandar M., y Azadeh D. 2007. FORMULATION OF A HERBAL SHAMPO USING TOTAL SAPONINS OF *ACANTHOPHYLLUM SQUARROSUM*. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, Volumen 6 (3), páginas 167-172. Irán.
- (7) Zabaleta R. 1982. ESTUDIO DE TECNOLOGÍA DE DESAMARGADO DE QUINUA Y ANÁLISIS DE SAPONINAS. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. La Paz- Bolivia.
- (8) Zabaleta R. 1983. EVALUACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA LA DESAPONIFICACIÓN DE QUINUA. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ingeniería. La Paz-Bolivia.
- (9) Calderón I., Guarachi A. 2009. CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO INTEGRAL DE 15 ECOTIPOS Y VARIEDADES DE QUINUA (*CHENOPODIUM WILLD*) CON FINES AGROINDUSTRIALES, La Paz-Bolivia.
- (10) Lozano M. 2011. OBTENCIÓN CUANTIFICACIÓN Y ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE SAPONINAS TOTALES DE RESIDUOS DE QUINUA REAL (*CHENOPODIUM QUINOA WILL*). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Puras y Naturales. La Paz, Bolivia.
- (11) Hilari C. 2013. OBTENCIÓN DE INSECTICIDA NATURAL A PARTIR DE PLANTAS NATIVAS Y MOJUELO DE QUINUA. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz Bolivia.
- (12) José I. y Lorena A. 2002. EFECTO DEL DETERGENTE DOMÉSTICO ALQUIL ARIL SULFONATO DE SODIO LINEAL (LAS) SOBRE LA MORTALIDAD DE TRES CARACOLES DULCEACUÍCOLAS EN EL PERÚ. Revista de Ecología Aplicada, Volumen 1(1), Perú.
- (13) Thakur M., Melzig M., Fuchs H. y Weng A. 2011. CHEMISTRY AND PHARMACOLOGY OF SAPONINS: SPECIAL FOCUS ON CYTOTOXIC PROPERTIES. Botanic: Targets and Therapy Volumen 1 páginas 19–29.
- (14) Chang R., College W. 2002. QUÍMICA, Mc-Graw Hill Interamericana Editores. Séptima edición, Impreso en Colombia.
- (15) Knepper T.P., Barceló F., y De Voogt P. 2003. ANALYSIS AND FATE OF SURFACTANTS IN THE AQUATIC ENVIRONMENT. Elsevier Science. Volumen XL.

- (16) Wikipedia. LANGMUIR-BLODGETT FILM. https://en.wikipedia.org/wiki/Langmuir%E2%80%93Blodgett_film. Visitado en fecha 03/12/15.
- (17) Seddon A., Curnow P., Booth P. MEMBRANE PROTEINS, LIPIDS AND DETERGENTS: NOT JUST A SOAP OPERA. Elsevier: Biochimica et Biophysica Acta 1666 páginas 105-107.
- (18) Broze G. 1999. HANDBOOK OF DETERGENTS. Marcel Dekker, Inc. Surfactant Science Series Volumen 82, USA.
- (19) Altmajer D. 2004. FORMULACION DETERGENTES BIODEGRADABLES: ENSAYOS DE LAVADO. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. Departamento de Ingeniería Química. Granada-España.
- (20) Herrera C. 1996. DETERGENCIA. SUS PRINCIPALES MECANISMOS. Revista Grasas y Aceites Volumen 47, número 6, páginas 419-435.
- (21) Walstra P. 1989. PRINCIPLES OF FOAM FORMATION AND STABILITY. Foams: Physics Chemistry and Structure. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH. páginas 1-15. New York.
- (22) Hawley G. 1975. DICCIONARIO DE QUÍMICA Y PRODUCTOS QUÍMICOS. Ediciones Omega. Barcelona-España.
- (23) Larrabeiti I. 2006. COMPENSAN LOS CONCENTRADOS. Revista EROSKI CONSUMER (Edición impresa) No 95 páginas 32-35 .
- (24) IBNORCA. 2013. AGENTES TENSOACTIVOS – DETERGENTE LÍQUIDO PARA EL LAVADO DE VAJILLA. NB 74026
- (25) Maprial. DETERGENTE VAJILLERO. Receta No 003. La Paz-Bolivia.
- (26) D4009-92. 1992. STANDARD GUIDE FOR FOAM STABILITY AND HAND DISHWASHING DETERGENTS.
- (27) Lunkenheimer K. y Malysa K. 2003. SIMPLE AND GENERALLY APPLICABLE METHOD OF DETERMINATION AND EVALUATION OF FOAM PROPERTIES. Journal of Surfactants and Detergents, Volumen 6, No 1, páginas 69-74.
- (28) Rabockai T. 1979. FÍSICO-QUÍMICA DE SUPERFICIES. The General Secretariat of the Organization of American States. Washington D.C. USA.

Anexos 1: Datos experimentales

1. Porcentaje de extracto seco en el extracto líquido.

Masa extracto líquido(g)	Masa extracto seco(g)	Porcentaje extracto seco
0,0446	0,0052	11,66
0,0434	0,0052	11,98
0,0433	0,0048	11,08

2. Porcentaje de saponinas en el extracto seco

Masa estándar (g)	Masa extracto (g)	Porcentaje saponina
0,0328	0,0459	57.17
0,0340	0,0490	55.51

3. Detergencia

Porcentaje	Platos lavados	Platos lavados	Promedio	Desviación estándar
0	23	24	23,5	0,707106781
5	21	23	22	1,414213562
10	23	22	22,5	0,707106781
20	22	20	21	1,414213562
30	16	17	16,5	0,707106781
Comercial	27	26	26,5	0,707106781
Promedio platos lavados en detergentes preparados, con desviación estándar.				21±3

4. Poder espumante y estabilidad de la espuma

Detergente 0%	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	4.5	4.5
Altura a los 5 minutos (cm)	2.5	2.3
R5 %	55,5	51,1
Promedio %	53.3	
Desviación estándar	3,14	

Detergente 5%	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	4.2	4.0
Altura a los 5 minutos (cm)	2.9	3,0
R5 %	69	75
Promedio %	72	
Desviación estándar	4,2	

Detergente 10%	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	4.0	4.0
Altura a los 5 minutos (cm)	3.2	3,4
R5	80	85
Promedio %	82,5	
Desviación estándar %	3,5	

Detergente 20%	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	4,5	3,6
Altura a los 5 minutos (cm)	2,6	2,5
R5 %	57,8	69,4
Promedio %	63,6	
Desviación estándar	8,2	

Detergente 30%	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	3,9	4,0
Altura a los 5 minutos (cm)	3,2	3,1
R5 %	82,0	77,5
Promedio %	79,8	
Desviación estándar	3,2	

Comercial	Prueba 1	Prueba 2
Altura inicial (cm)	5	4,3
Altura a los 5 minutos (cm)	3,2	3,0
R5 %	64	69,8
Promedio %	66,9	
Desviación estándar	4,1	

5. Viscosidad

	Viscosidad (cp)			Des. est.
0%	162	168	169	3,8
5%	620	616	619	2,1
10%	580	582	574	4,2
20%	274	297	296	13
30%	1283	1287	1284	2,1
Comercial	1448	1450	1438	6,4

6. Tensión superficial

Los valores leídos fueron multiplicados por un factor de corrección experimental (0,5089)

Muestra	Tensión superficial (mN/m)		Promedio	Des. Est.
Comercial	46,25901	46.20812	46.233565	0.03598466
30%	44.88498	45.13943	45.012205	0.17992332
20%	45.08854	45.19032	45.13943	0.07196933
10%	46.66613	46.41168	46.538905	0.17992332
5%	44.93587	44.88498	44.910425	0.03598466
0%	46.51346	46.56435	46.538905	0.03598466

Anexos 2: Fotografías

1. Extractos de saponina del mojillo



2. Preparación del lavavajillas



3. Detergentes preparados



4. Detergencia



5. Viscosímetro



6. Tensiómetro

