

## MONOGRAFÍA DE QUÍMICA

¿Constituye la nuez de *Sapindus mukorossi* una alternativa eficaz y ecológica a los detergentes sintéticos?



nº de candidato: 000548-017

Miguel Mas Serrano

IES Rosalía de Castro

Santiago de Compostela / España

## ÍNDICE

<b><u>1. Resumen</u></b> .....	Página 2
<b><u>2. Introducción</u></b> .....	Página 3
<b><u>2.1. Breve introducción histórica</u></b> .....	Página 3
<b><u>2.2 Las sustancias detergentes: jabones, detergentes y saponinas</u></b> .....	Página 4
<b><u>2.2.1 Jabones</u></b> .....	Página 5
<b><u>2.2.2 Detergentes sintéticos</u></b> .....	Página 6
<b><u>2.2.3 Saponinas</u></b> .....	Página 7
<b><u>2.3 Dificultades a la hora de lavar</u></b> .....	Página 8
<b><u>2.4 Problemática medioambiental</u></b> .....	Página 9
<b><u>3. Objetivo y planteamiento</u></b> .....	Página 10
<b><u>4. Método y procesamiento de datos</u></b> .....	Página 11
<b><u>4.1 Comparación de las propiedades detergentes de la nuez de <i>Sapindus mukorossi</i> con un detergente</u></b> .....	Página 11
<b><u>4.1.1 Preparación de las disoluciones de <i>Sapindus mukorossi</i> y de detergente</u></b> ..	Página 11
<b><u>4.1.2 Determinación del coeficiente de tensión superficial</u></b> .....	Página 13
<b><u>4.1.3 Propiedades emulsionantes</u></b> .....	Página 15
<b><u>4.1.3.1 Propiedades emulsionantes en aguas ácidas y duras</u></b> .....	Página 16
<b><u>4.2 Estudio de presencia de ortofosfatos y saponinas</u></b> .....	Página 18
<b><u>4.2.1 Detección de ortofosfatos</u></b> .....	Página 18
<b><u>4.2.2 Detección de saponinas</u></b> .....	Página 19
<b><u>5. Discusión de resultados</u></b> .....	Página 20
<b><u>6. Conclusiones</u></b> .....	Página 22
<b><u>7. Bibliografía</u></b> .....	Página 23
<b><u>8. Apéndice</u></b> .....	Página 24

## **1. Resumen**

Esta monografía pretendió desde un principio abordar una cuestión tan importante en la vida cotidiana como lo es la limpieza y la higiene. En concreto se centra en la posibilidad de utilización de la nuez de *Sapindus mukorossi*, un árbol procedente de Nepal e India, como sustituta de los detergentes domésticos que se utilizan en el lavado de prendas, evaluando por un lado la efectividad de su actuación y por el otro las consecuencias medioambientales de su uso, siempre en comparación con un detergente de una marca comercial escogido de forma aleatoria.

Para ello se realizaron pruebas en el laboratorio de diferente índole a partir de disoluciones preparadas con los dos objetos de estudio como son la medida de la tensión superficial, la evaluación de las propiedades emulsionantes en diferente tipo de aguas o la detección de fosfatos y saponinas.

Los resultados fueron satisfactorios en cuanto al funcionamiento de las nueces, ya que se demostraron sus propiedades tensoactivas y emulsionantes, en tanto que no resultaron muy esclarecedores con respecto al beneficio medioambiental de su utilización.

En el apartado de la tensoactividad se registró utilizando una balanza una disminución de la tensión superficial de 0,43 N/m utilizando las nueces y de 0,48 N/m con el detergente. En cuanto al funcionamiento como agente emulsionante se observó un funcionamiento casi tan bueno como el detergente en aguas normales, presentando también los mismos problemas de funcionamiento que el detergente en aguas ácidas y duras (aunque no por las mismas causas).

La presencia de fosfatos indicadas por un test en la disolución elaborada con nueces de entre 10 y 25 mg/L fue similar en el detergente (25 mg/L) y por tanto no soluciona el problema de la contaminación de los detergentes por fosfatos, incorporando además los problemas derivados de la presencia de saponinas detectados por hemólisis.

## **2. Introducción**

### **2.1 Breve introducción histórica**

Los orígenes de la cultura de la limpieza y higiene personal datan de épocas prehistóricas. El ser humano primitivo ya utilizaba el agua para lavar, pero al no ser ésta un buen agente limpiador fue necesario el desarrollo de nuevas técnicas que mejoraran los resultados. En este contexto surgieron los jabones.

La preparación del jabón es probablemente, tras la fermentación del vino, una de las reacciones más antiguas que se conocen. El jabón toma su nombre de una antigua leyenda romana<sup>1</sup> ambientada en el río Tíber, cerca del cual supuestamente se encontraba el monte Sapo<sup>2</sup>, que por aquellos tiempos era un lugar de sacrificio de animales. El agua de lluvia arrastraba los restos de grasas animales, cenizas y madera quemada ladera abajo depositándose en la arcilla del fondo fluvial, que luego era utilizada por las mujeres para lavar la ropa con excelentes resultados.

Durante siglos se sucedió la producción casera de jabón a partir de cenizas y grasas animales o vegetales, para progresivamente ir siendo sustituida por la producción industrial, a partir de álcalis (NaOH y KOH) y grasas.

Con el tiempo se comenzaron a producir detergentes sintéticos que, aunque de origen distinto al de los jabones, tienen también en su constitución una porción lipofílica y otra hidrofílica, y ejercen frente a las grasas una acción similar a la de los jabones. Tienen la ventaja de que pueden sintetizarse a partir de los derivados del petróleo, por lo que su costo es menor que el de los jabones.

Sin embargo, ya antes de descubrir la reacción de la saponificación, había pueblos que utilizaban vegetales que contienen jabones naturales llamados saponinas. Su composición química otorga propiedades detergentes puesto que consta de una parte lipofílica con la que unirse a la grasa y de otra hidrofílica que es el azúcar, por la cual se une al agua.

El *Sapindus mukorossi* se supone uno de esos vegetales. Se trata de un árbol que crece en India y en Nepal, cuyo fruto contiene gran cantidad de sustancia detergente en la cáscara. Allí se utilizan para el lavado desde tiempos remotos y actualmente se está empezando a difundir como una alternativa ecológica y económica a los detergentes comerciales por todo el mundo. Su venta se realiza a través de las tiendas del Comercio Justo y en portales de internet, anunciado como un sustituto ecológico de los detergentes convencionales.

<sup>1</sup> <http://www.cleaning101.com/cleaning/history/>

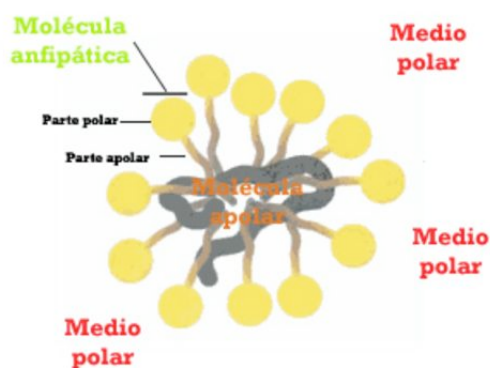
<sup>2</sup> Tal monte no existe, o en la actualidad recibe otro nombre

## **2.2 Las sustancias detergentes: jabones, detergentes y saponinas**

Las sustancias detergentes, como jabones, detergentes sintéticos y saponinas, son aquellas que ayudan en el lavado de una forma triple: como emulsionantes, como tensoactivos y formando la doble capa eléctrica.

El agua está considerado como un gran disolvente de sustancias polares, ya que es capaz de orientar uno de sus dipolos hacia otro dipolo de carga opuesta de una sustancia para solvatarla. Sin embargo el agua no es capaz de disolver sustancias apolares, como muchas de las moléculas orgánicas, que acostumbran a ser las que manchan la ropa, la casa, nuestro cuerpo, etc. Cuando dos sustancias inmiscibles de este tipo entran en contacto, tienden a separarse por un lado las de naturaleza apolar y por el otro las polares. Sin embargo, dos sustancias inmiscibles pueden formar coloides: mezclas más o menos homogéneas, aunque inestables, en las que una fase dispersa es diseminada por otra dispersante. Los coloides en los que las dos fases son líquidas se denominan emulsiones, cuyo color más habitual es el blanco, o el amarillo si son muy concentradas.

Las sustancias detergentes son capaces de estabilizar coloides y emulsiones gracias a su naturaleza ambifílica o anfipática. Se componen de moléculas que presentan en su estructura una porción polar y otra apolar. Esto les permite establecer fuerzas intermoleculares por un lado con las sustancias apolares y por el otro con las polares, formando micelas. Las micelas son conglomerados en los que las fases dispersas se sitúan en el centro y se rodean de moléculas anfipáticas, que orientan hacia afuera la porción correspondiente a la naturaleza polar o apolar del medio dispersante.



Actuación de una molécula anfipática

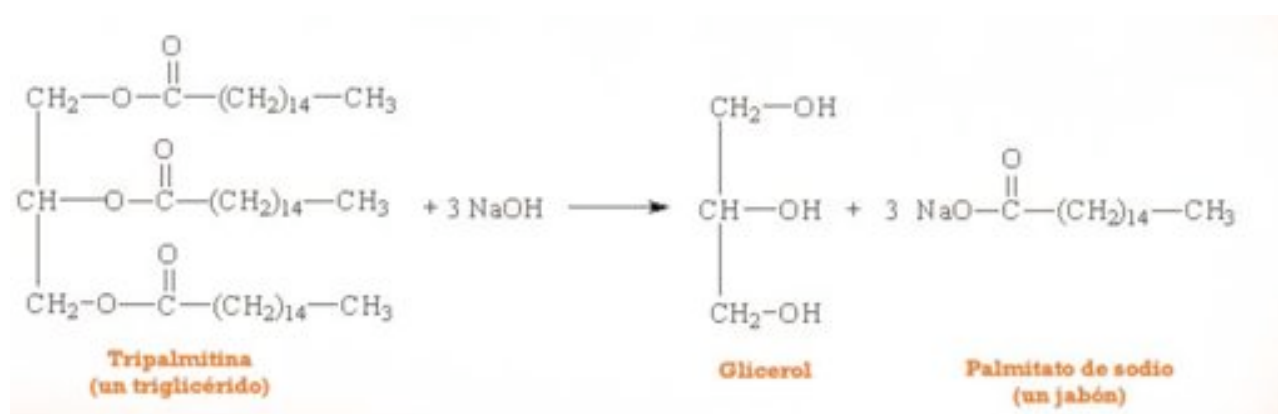
Por otro lado la tensión superficial del agua también dificulta el lavado. La tensión superficial es un estado de tirantez o rigidez de la superficie de los líquidos debido a las interacciones entre las moléculas próximas a la superficie libre (en contacto con el aire o con otras sustancias) que actúan envolviendo al resto del líquido y constituyendo una especie de membrana que mantiene unidas las moléculas.

La tensión superficial dificulta el lavado porque provoca que el líquido no empape bien el tejido que se quiere limpiar obstaculizando el arrastre de la suciedad. Las sustancias detergentes poseen propiedades tensoactivas que rebajan ese estado de tensión para facilitar el infiltrado.

Existe un tercer factor que ayuda en el lavado: la aparición de la doble capa eléctrica. Durante el lavado las sustancias detergentes favorecen que la suciedad y el substrato en el que se deposita adquieran la misma carga eléctrica, lo que facilita su desprendimiento.

### 2.2.1 Jabones

Los jabones clásicos se obtienen a partir de la reacción de saponificación entre un lípido saponificable y un álcali (generalmente sosa o potasa). El jabón resultante es una sal sódica o potásica de un ácido graso de cadena larga.



Reacción de saponificación del palmitato de sodio

En la reacción de saponificación descrita, la tripalmitina reacciona con la sosa para dar una molécula de glicerol y tres moléculas de palmitato de sodio. Al disolverse en agua se disocian los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{-COO}^-$ , siendo este último la sustancia detergente, ya que posee una cadena carbonada apolar o hidrófoba y un grupo carboxilato polar o hidrófilo.

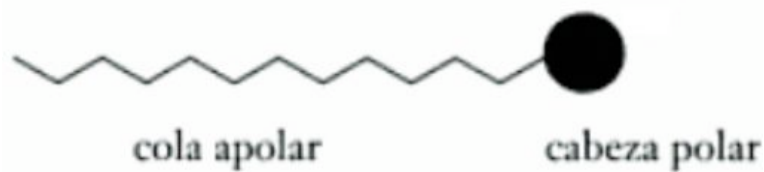


Jabones obtenidos de glicerina

### 2.2.2 Detergentes sintéticos

Los detergentes sintéticos son en realidad mezclas de moléculas de diferente naturaleza que cumplen funciones varias. Se diferencian en tres clases según la función: agentes tensoactivos (los que actúan como sustancia detergente), agentes coadyuvantes ( que resuelven problemas primarios como el pH o la dureza del agua) y agentes auxiliares (que cumplen funciones secundarias como por ejemplo blanqueantes).

Vamos a centrarnos en los agentes tensoactivos por ser el realmente importantes. Los agentes tensoactivos son moléculas constituidas por una cabeza polar o porción hidrofílica y una cola apolar o porción hidrofóbica.



La parte hidrofóbica está formada por una cadena hidrocarbonada denominada cola apolar, mientras la parte hidrofílica es un grupo químico variable. A ese grupo se le denomina agente tensoactivo o “surfactante”. Dependiendo de la naturaleza de ese grupo se puede hacer una clasificación de los detergentes en tres tipos: aniónicos, catiónicos y no iónicos.

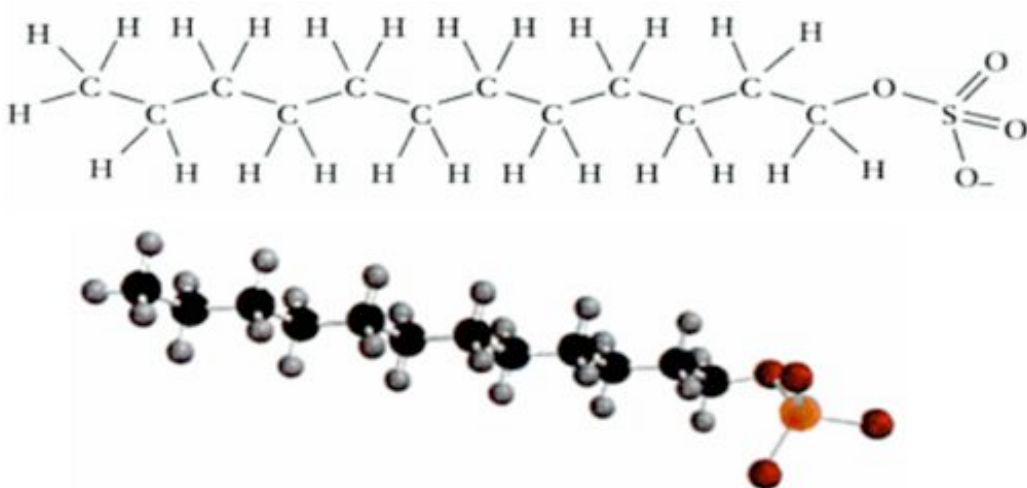


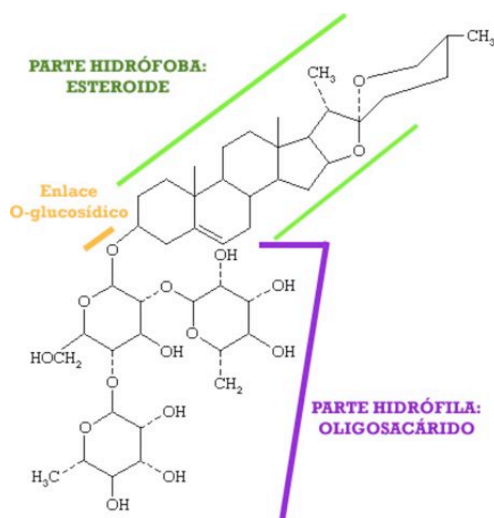
Imagen: Un detergente aniónico, sulfato de dodecilo

### 2.2.3 Saponinas

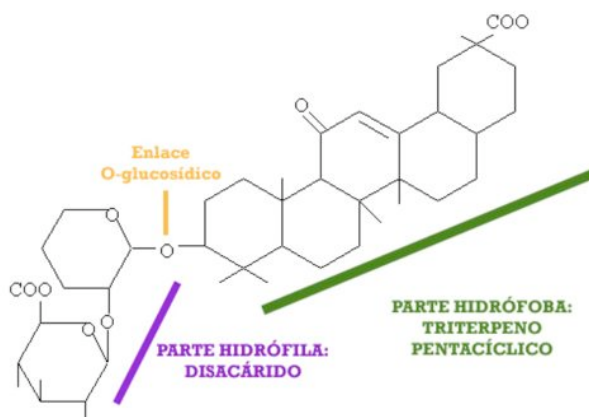
Las saponinas son glucósidos (con glucosa, galactosa y pentosas comúnmente) de una genina, que puede ser un esteroide o un triterpeno. Tiene propiedades similares al jabón y al detergente, puesto que constan de una parte lipofílica (el esteroide o el triterpeno) con la que unirse a la grasa y de otra hidrofílica que es el azúcar, por la cual se une al agua.

La clasificación de las saponinas se realiza atendiendo a la naturaleza de la genina en:

- Saponinas esteroidales: la genina es un esteroide, unida a un glúcido (generalmente un polisacárido) mediante enlace O-glucosídico



- Saponinas triterpénicas: la genina es un triterpeno, también unido a la genina por enlace O-glucosídico. Ejemplo: glicirricina, glucósido presente en la planta de la regaliz:



Las saponinas se encuentran en muchos vegetales y en algunos animales marinos, como las holoturias.<sup>3</sup> Se encuentran en los tejidos más externos por su acción antipatógena: algunos árboles, por ejemplo, las incorporan a su corteza para prevenir los ataques de las termitas.<sup>4</sup> Las saponinas pueden producir hemólisis incluso a grandes diluciones. En presencia de ácidos fuertes se hidrolizan, liberando la genina y el glúcido.

<sup>3</sup> Green, Gerardo ; Gerald J. Bakus, «Toxicidad en esponjas y holoturias» en *Anales del centro de ciencias del mar y limnología de la UNAM*, volumen 2, nº 1, 1975

<sup>4</sup> R. Cheeke, Peter, *Toxicants of Plant Origin Volume II: Glycosides*, CRC press, 1989, página 122

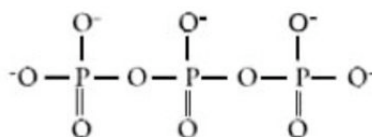


## 2.3 Dificultades a la hora de lavar

### La dureza del agua

Los jabones presentan un gran problema al lavar en aguas duras, que son aquellas con iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  en proporciones superiores a una parte por 10000.<sup>5</sup> Los jabones forman compuestos insolubles al reaccionar su grupo carboxilato con estos iones y precipitan.

Los detergentes sintéticos también forman compuestos con estos iones, que aunque son algo más solubles pueden producir problemas en la ropa y los desagües por precipitación. Sin embargo, el principal problema es la interferencia de los iones en las repulsiones de la doble capa eléctrica. Para combatir la dureza del agua, los detergentes sintéticos incorporan agentes coadyuvantes como el tripolifosfato de sodio, que atrapa a estos iones metálicos.<sup>6</sup>



Tripolifosfato de sodio

### Aguas ácidas

Los jabones son sales de ácidos grasos, que son débiles. En presencia de ácidos fuertes los jabones reaccionan y liberan el ácido graso, con lo que desaparece la sustancia detergente.

Para solucionar los problemas que puedan surgir, los detergentes sintéticos incorporan otros agentes coadyuvantes que elevan el pH. El tripolifosfato de sodio también realiza esta función, ya que es una base débil:



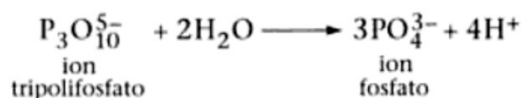
<sup>5</sup> AA. VV., *¿Eso es química?*, Madrid, ed. Alhambra, 1988

<sup>6</sup> Baird, Colin; Raymond B. Seymour, *Química ambiental*, Barcelona, ed. Reverté, 2001

## 2.4 Problemática medioambiental

### Utilización de fosfatos

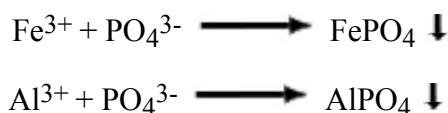
Uno de los principales problemas ambientales ocasionados por los detergentes sintéticos está asociado a la utilización de compuestos fosforados para combatir la dureza del agua, como el tripolifosfato de sodio, del que anteriormente hablamos. Al sufrir un proceso de descomposición, el tripolifosfato de sodio se transforma en iones ortofosfato:



Descomposición del tripolifosfato

Los iones fosfato son difíciles de tratar en los procesos de depuración de las aguas residuales, pasando a ríos y lagos. Como el P es el principal compuesto inorgánico limitante de la producción primaria, su aporte masivo en los ecosistemas acuáticos provoca una explosión demográfica formando una capa superficial de algas verdes que impiden el paso de la luz solar. Esto a su vez provoca la muerte de los organismos que se encuentran por debajo de la capa de algas, que se pudren y consumen la mayor parte del oxígeno disuelto en el agua, provocando una muerte en cadena de organismos aerobios. La eutrofización de las aguas es un problema ambiental grave.

Existe un proceso de eliminación físico-química del fosfato inorgánico en aguas residuales, mediante la precipitación química del ortofosfato empleando iones metálicos como  $\text{Fe}^{3+}$  o  $\text{Al}^{3+}$  con los que forma oxisales:



A pesar de la posibilidad de su eliminación, otra razón en contra de la utilización de fosfatos es que los depósitos naturales de P son muy limitados, en tanto que es un elemento muy importante para la agricultura. Su utilización desmedida en detergentes hace disminuir las reservas, que en caso de agotarse provocaría una catástrofe alimentaria a nivel global.

### Saponinas

Las saponinas pueden producir hemólisis a grandes diluciones, por lo que pueden resultar tóxicas para el ser humano en caso de paso directo a la sangre. Sin embargo por vía oral resulta inocuo ya que en el estómago son hidrolizadas por el HCl. Para los animales de sangre fría es deletéreo y está comprobada su acción antagónica en la digestión de los rumiantes.<sup>7 8</sup>

<sup>7</sup> R. Cheeke, Peter, *Toxicants of Plant Origin Volume II: Glycosides*, CRC press, 1989, página 122

<sup>8</sup> Foerster, Hartmut « MetaCyc Pathway: saponin biosynthesis I »

### **3. Objetivo y planteamiento:**

El objetivo de esta monografía es hacer un balance entre la utilización de un detergente sintético doméstico y las nueces de *Sapindus mukorossi*, orientados a un posible remplazo del primero en su empleo doméstico. Para ello el estudio se dividirá en dos partes:

·Por un lado la evaluación comparativa de las propiedades limpiadoras del detergente sintético doméstico y de la disolución elaborada a partir de cáscaras de nuez de *Sapindus mukorossi*, mediante el estudio de sus propiedades tensoactivas y de sus propiedades emulsionantes en distintos tipos de aguas (normales, duras y ácidas).

·Por el otro lado, un estudio orientado a la ecología de la presencia de fosfatos y saponinas para conocer las principales ventajas e inconvenientes medioambientales del uso de uno u otro.

Este tema toca diferentes temas estudiados durante los dos cursos del IB que abarcan la asignatura de química, como ácido-base, solubilidad o química orgánica; y de biología, en la rama de bioquímica como es el estudio de lípidos.

Las razones que empujan a escoger este tema son por un lado la posibilidad de tener una nueva oportunidad de ser más respetuosos con el medio ambiente y por el otro el interés que suscita la posibilidad de desarrollo económico que su utilización otorgaría a mucha gente sin medios, ya que, como antes se dijo, la producción de estas nueces se localiza en lugares de gran pobreza como Nepal o la India y su comercialización se realiza en parte a través de tiendas de comercio solidario o Comercio Justo.

## 4. Método y procesamiento de datos

### 4.1 Comparación de las propiedades detergentes de la nuez de *Sapindus mukorossi* y de un detergente

#### 4.1.1 Preparación de una disolución a partir de nueces de *Sapindus mukorossi* y de un detergente sintético comercial

##### A. Preparación de la disolución a partir de nueces de *Sapindus mukorossi*

Se adquirió un lote de nueces en una tienda del Comercio Justo. La cantidad recomendada es de unas 10 ó 15 cáscaras de nuez<sup>9</sup> ( las cáscaras vienen secas, de color marrón y como media cáscara en realidad) por cada litro de agua. 15 nueces pesaron 16,510 g. Se cocieron las 15 cáscaras en 800 mL de agua destilada durante 15 minutos, empleando: un hornillo, un vaso de precipitados y una varilla. Se retiraron las nueces y se filtró la disolución para eliminar las impurezas. Finalmente se llevó la disolución a un matraz aforado de 1 L, donde se enrasó lentamente con agua destilada ya que se formaban abundantes espumas.

Las cáscaras de nuez se secaron durante una semana y se volvieron a pesar, con un resultado de 8,530 g. Por tanto, la masa de sustancia detergente disuelta es de  $16,510 - 8,530 = 7,98$  g, salvo la masa de las pequeñas partículas que quedaron en el papel de filtro y que despreciamos. La concentración es entonces de 7,98 g de jabón de nueces/ 1L disolución.



Disolución a partir de la nuez



Filtración al vacío

Durante el filtrado, el papel de filtro se tupía constantemente, por lo que ya intuimos la presencia de grandes moléculas orgánicas grasas. También se produjo espuma de forma abundante.

**pH:** medido con un papel indicador, sobre 5 - 6.

<sup>9</sup> <http://www.nueces-de-lavado.es>



Último papel de filtro, con acumulación de las impurezas



Nueces ya secas tras la cocción / Cáscaras sin cocer

### **B. Preparación de la disolución de un detergente sintético comercial**

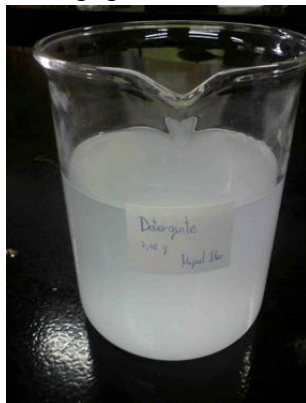
Se adquirió un detergente sintético comercial para uso doméstico en lavadora de marca blanca en un supermercado FROIZ. A efectos de establecer una comparativa, se tomó la misma concentración de detergente que de jabón: 7,98 g de detergente en 1L de disolución, con agua destilada. Para ello se empleó un hornillo, un vaso de precipitados y una varilla en los que se introdujeron los 7,98 g de detergente y 800 mL de agua destilada.



Igual masa de cáscaras y detergente

El detergente no se disolvió del todo, sino que queda una mezcla translúcida. De un día para el siguiente se formó un sedimento blanco quedando transparente el sobrenadante. Se procedió al filtrado al vacío pero el sedimento también atravesó el papel de filtro. Por su naturaleza arcillosa se pensó en zeolitas, aluminosilicatos que se emplean para el intercambio iónico durante el lavado. Se optó por una filtración más lenta, llevando finalmente la disolución a un matraz aforado de 1 L en donde se enrasó con agua destilada.

**pH:** medido con un papel indicador, alrededor de 10.



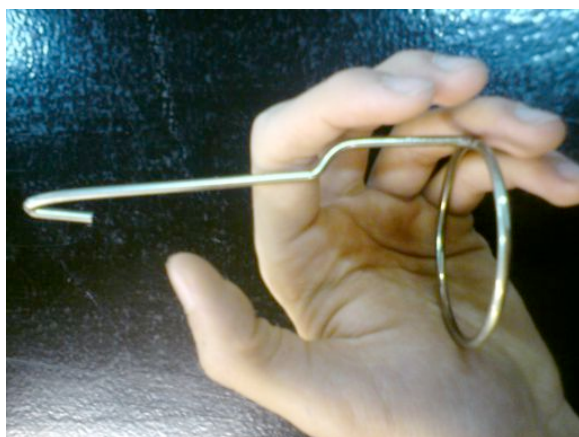
Disolución de detergente

### 4.1.2 Determinación del coeficiente de tensión superficial

El coeficiente de tensión superficial se obtiene a partir del cociente entre la fuerza superficial del agua y la longitud sobre la que actúa (  $\sigma = F / l$  ).

#### -Material:

- Balanza
- Aro metálico (perímetro exterior de 18,5 cm e interior de 16,6) con un brazo soldado
- Probeta de 250 mL
- Cristalizador
- 660 mL de agua corriente, 660 mL de disolución de detergente, 660 mL de disolución de nuez de *Sapindus*<sup>10</sup>



Aro adaptado con un brazo



Midiendo la tensión superficial

#### -Procedimiento:

- 1º) Se introduce agua o una de las dos disoluciones en el cristalizador.
- 2º) Se dispone de un aro metálico del cual se mide el doble perímetro: el exterior es de 18,5 cm y el interior de 16,6 cm.
- 3º) La balanza, previamente equilibrada y regulada, se ha preparado con un soporte de platillos en un brazo sin platillo y con un aro metálico en el otro, que va a ejercer una fuerza hacia arriba igual a la fuerza ejercida por las pesas. La tensión superficial del líquido va a “tirar” de ese aro hacia abajo, hasta que la fuerza del aro hacia arriba sea superior a la de la tensión superficial. La máxima fuerza soportada será la fuerza de la tensión superficial que se registre.
- 3º) Se realiza una primera aproximación del resultado colocando pesas de 1 g y 500 mg .
- 4º) Se hacen 10 medidas definitivas y se registran las masas, a partir de las cuales se calcula la media. A partir de la media de masas se calcula la fuerza ejercida por el agua:  $F = m \cdot g$  y posteriormente el coeficiente de tensión superficial.

<sup>10</sup> Se emplea este volumen porque con él la balanza queda equilibrada.



Superficie de agua abombada por la fuerza ejercida por el aro

**-Procesamiento y obtención de datos**

	1ª medida (g)	2ª medida (g)	3ª medida (g)	4ª medida (g)	5ª medida (g)	6ª medida (g)	7ª medida (g)	8ª medida (g)	9ª medida (g)	10ª medid. (g)	MEDIA (kg)
Agua	3,850	3,860	3,855	3,850	3,845	3,850	3,865	3,860	3,855	3,860	$3,855 \cdot 10^{-3}$
Nueces	2,300	2,350	2,300	2,400	2,350	2,300	2,350	2,300	2,350	2,350	$2,335 \cdot 10^{-3}$
Detergente	2,145	2,155	2,145	2,150	2,145	2,150	2,155	2,150	2,155	2,155	$2,15 \cdot 10^{-3}$

Tabla de masas registradas

· Coeficiente de tensión superficial  $\sigma = F / l$

$$F = m \cdot g = m \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$m = \text{MEDIA de las masas registradas}$

$$l = \text{perímetro exterior del aro} + \text{perímetro interior} = 18,5 \text{ cm} + 16,6 \text{ cm} = 3,51 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

	Agua	Disol. de <i>Sapindus</i>	Agua con detergente
$m = \text{media de las masas registradas (kg)}$	$3,855 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	$2,335 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$	$2,15 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$
$F = m \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$	$3,78 \cdot 10^{-2} \text{ N}$	$2,29 \cdot 10^{-2} \text{ N}$	$2,11 \cdot 10^{-2} \text{ N}$
$\sigma = F / l$	$1,08 \text{ N/m}$	$0,65 \text{ N/m}$	$0,60 \text{ N/m}$

### 4.1.3 Propiedades emulsionantes

#### -Material:

- Cronómetro
- Aceite de oliva
- Pipeta y pera de goma
- Embudo
- Matraz aforado de 100 mL
- Probeta
- Agitador magnético
- Vasos de precipitados altos y estrechos de 250 mL
- Regla

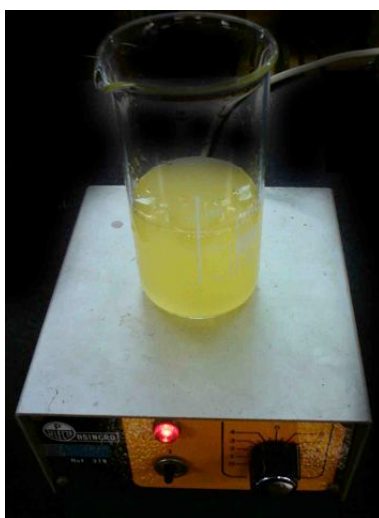
#### - Procedimiento:

1º) Se preparan 3 vasos de precipitados utilizando el matraz aforado: uno con 100 mL de agua del grifo, otro con 100 mL de la disolución de detergente y otro con 100 mL de la disolución de nueces.

2º) Se introduce en cada vaso de precipitados 10 mL de aceite de oliva, quedando una capa superior de aceite unos 0,7 cm de grosor.

3º) Con el agitador magnético se homogeneiza cada mezcla durante 5 minutos a la misma potencia.

4º) Se deja reposar y se anotan los resultados



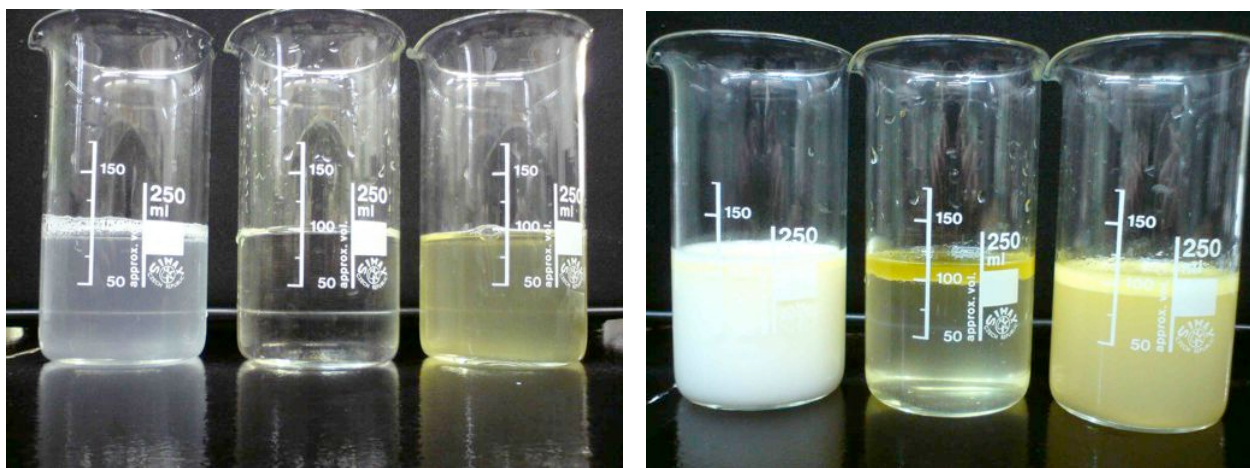
Emulsionando con el agitador magnético



### **-Observación**

El agua, como cabía esperar emulsionó el aceite durante un breve período de tiempo, pero la fase dispersa (el aceite) pronto volvió a separarse de la fase dispersante (el agua). El grosor de la capa de aceite encima del agua era de 0,7 cm , es decir, la misma que al principio.

La disolución de detergente perdió totalmente su transparencia y adquirió un color blanco lechoso, que indica que se produjo una emulsión. La disolución de nuez de *Sapindus mukorossi* quedó con un coloración entre ese mismo blanco y la coloración inicial, aunque no llegó a la opacidad del detergente. En ambas se formó una capa con aceite semidisperso en gotitas de igual grosor (0,5 cm).



De izquierda a derecha en ambas imágenes: 100 mL de disolución de detergente, agua del grifo y disolución de *Sapindus mukorossi* .

La imagen de la izquierda corresponde a antes y la imagen de la derecha a después de la adición de aceite y los 5 minutos de agitación

#### **4.1.3.1 Propiedades emulsionantes en aguas ácidas y duras.**

El material es el mismo, además de 10 mL de HCl 1M y 10 mL de CaCl<sub>2</sub> 1 M.

#### **-Procedimiento**

1º) Se preparan 4 vasos de precipitados utilizando el matraz aforado: dos con 100 mL de la disolución de detergente y otros dos con 100 mL de la disolución a partir de las nueces de *Sapindus mukorossi*.

2º) De los dos vasos de cada disolución , a uno se le introducen 10 mL de HCl 1M y a otro 10 mL de CaCl<sub>2</sub> 1 M.

3º) Se introduce en cada vaso de precipitados 10 mL de aceite de oliva, quedando una capa superior de aceite unos 0,7 cm de grosor.

4º) Con el agitador magnético se homogeneiza cada mezcla durante 5 minutos a la misma potencia.

5º) Se deja reposar durante un día y se anotan los resultados.

### -Observación

Entre las dos disoluciones de *Sapindus mukorossi* prácticamente no se produjo emulsión alguna salvo en la parte superficial que se formó una capa con aceite semidisperso en gotitas. A la disolución a la que se añadieron 10 mL de HCl 1M perdió gran parte del color amarillo inicial, quedando transparente y casi incolora. En la disolución con 10 mL de CaCl<sub>2</sub> 1M parece que emulsionó una muy pequeña parte de aceite. En la imagen se puede comparar las imágenes del apartado anterior con las de este:



Disolución de *Sapindus mukorossi*: sola / con aceite/ con HCl y aceite/ con CaCl<sub>2</sub> y aceite.

Los cambios observados en el detergente son más diferentes entre ellos. La disolución con 10 mL de HCl 1M ganó en claridad respecto a la disolución de detergente inicial y no se produjo emulsión, sino que el aceite se separó por completo de la disolución. La disolución con 10 mL de CaCl<sub>2</sub> 1M se puso de un color blanco muy turbio ya antes de añadir el aceite y tras la agitación presentaba un color amarillento, un poco de precipitado y minúsculas partículas en suspensión.



Disolución de detergente: sola / con aceite/ con HCl y aceite/ con CaCl<sub>2</sub> y aceite.

## 4.2 Estudio de la presencia de ortofosfatos y saponinas

### 4.2.1 Detección de ortofosfatos

Para la detección de ortofosfatos utilizamos un método por colorimetría. Se fundamenta en la siguiente reacción:



Los ortofosfatos, en disolución ácida y presencia de molibdato amónico, forman fosfomolibdato  $(\text{NH}_4)_3[\text{PO}_4(\text{MoO}_3)_{12}]$  que se reduce formando azul de molibdeno (desarrollando un color azul).

### Material

- Papel indicador de pH
- Papel secante
- Pipeta y pera de goma
- Test de fosfatos *merckoquant*. Compuesto por un frasco con reactivo "PO<sub>4</sub> -1", un bote con tiras de ensayo y otro bote con enrase de 5 mL para echar la muestra.

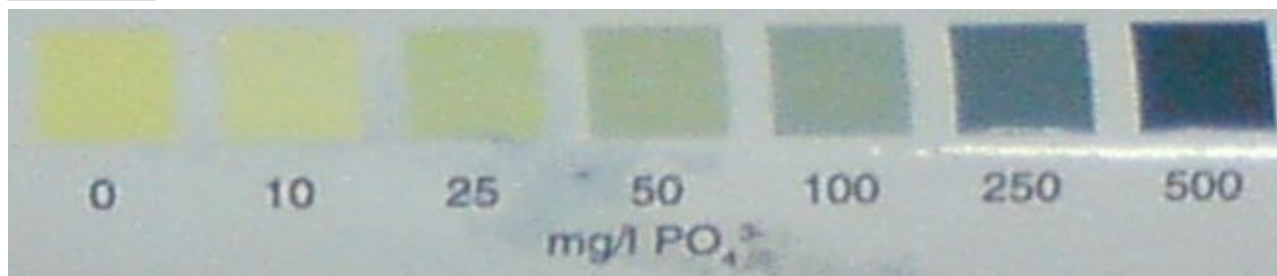


### Procedimiento

1º) Como el valor del pH debía encontrarse en un intervalo de 4 a 10, se neutralizó la disolución de detergente (pH 10) con dos gotas de HCl (bajando a un pH de 8 - 9). La disolución de *Sapindus mukorossi* tenía ya un pH adecuado (5-6).

2º) Se siguió la técnica descrita en el folleto (incluido en el apéndice).

### Resultados



Escala colorimétrica

Se realizaron dos pruebas con cada disolución. Por comprobación con la escala colorimétrica se comprobó que la composición de ortofosfatos de la disolución de detergente ronda los 25 mg/L, mientras que la de la disolución de *Sapindus mukorossi* se encuentra entre los 10 y los 25 mg/L.

### **4.2.2 Detección de saponina**

Para demostrar la existencia de saponinas es necesaria la aplicación de técnicas cromatográficas muy superiores a los estudios actuales. No obstante existe la posibilidad de intuir su presencia por dos propiedades: la formación de espumas abundantes y persistentes, y su actividad hemolítica.

#### **A) Espumación**

Durante el filtrado al vacío de la disolución de *Sapindus mukorossi* se formaron abundantes espumas:



#### **B) Actividad hemolítica.**

##### Material:

- 2 placas de agar-sangre
- Estufa de cultivo
- Pipeta y pera de goma.

##### Procedimiento:

1º) Con la pipeta liberamos dos gotas en el centro de una de las placa de agar sangre y dos gotas de agua destilada en la otra (que va a ser la placa control).

2ª) Se introducen en una estufa a 37 ° C durante 24 horas.

3º) Se comparan los resultados.

##### Resultados

Se observa un halo de color más tenue alrededor del lugar donde se vertieron las dos gotas de disolución de *Sapindus mukorossi*, producido por la hemólisis. En la placa control no se produjeron cambios.



Placa con hemólisis a contraluz



Placa control a contraluz

## **5. Discusión de resultados**

### **Tensión superficial**

Quedó demostrada la acción tensoactiva tanto del detergente como de la nuez de *Sapindus mukorossi*. Ambos fueron capaces de rebajar la tensión superficial del agua en 0,43 N/m y 0,48 N/m respectivamente, siendo mayor aunque por poco la actividad tensoactiva del detergente.

### **Propiedades emulsionantes:**

#### **-en aguas normales:**

El color más blanco de la disolución de detergente podría indicar una mayor emulsión que en la disolución de *Sapindus mukorossi*. Sin embargo hay que tener en cuenta que el color inicial afecta al final: el detergente ya tenía de por sí un color blanquecino que se vio potenciado, mientras que la disolución de *Sapindus mukorossi* partía de un color amarillento que con la emulsión no dio un color tan blanco.

#### **-en aguas ácidas:**

La disolución de detergente en medio ácido perdió toda actividad, así como la de *Sapindus mukorossi*. La de este último es de sencilla explicación: las saponinas sufrieron un proceso de hidrólisis, rompiendo el enlace O-glucosídico que unía la genina a la parte glucídica, independizando la parte polar de la apolar con lo que desaparece la molécula ambifílica que actuaba como detergente. Esto explicaría por qué la disolución se volvió mucho más transparente, ya que los glúcidos son solubles, mientras las geninas (apolares) probablemente se adhirieron a la capa lipídica formada en la superficie de la disolución.

En cuanto a los detergentes, se conoce que en aguas ácidas (en este caso de pH 1) no son capaces de funcionar y por eso incorporan agentes coadyuvantes que elevan el pH (recordamos que el pH inicial de la disolución era de 10).

#### **-en aguas duras:**

En ambas disoluciones la emulsión fue muy pobre. La diferencia existente es que mientras en la disolución de detergente se formaron algunos compuestos insolubles que precipitaron por la acción de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  con el detergente, en la disolución de *Sapindus mukorossi* no ocurrió esto. Sin embargo, los iones interactuaron de algún modo con las moléculas de saponina inhibiendo su acción detergente.

### **Presencia de fosfatos:**

Los ortofosfatos se detectaron en ambas disoluciones en las cantidades especificadas: alrededor de 25 mg/L para el detergente y entre 10 y 25 mg/L para la disolución de *Sapindus mukorossi*. La

fiabilidad de los resultados es discutible por la larga lista de elementos y compuestos que pueden interferir en el resultado.

En el caso del detergente, su presencia se podría justificar con la prueba del funcionamiento en aguas duras, ya que al añadir los 10 mL 1 M de  $\text{CaCl}_2$  se formaron muchos menos compuestos insolubles de los esperados, con lo que a la fuerza actuaron agentes coadyuvantes que capturaron iones  $\text{Ca}^{2+}$  para formar compuestos solubles, entre los que se encuentra compuestos fosfatados (como el ya estudiado tripolifosfato).

En el caso de las nueces de *Sapindus mukorossi*, el resultado no se avala con la prueba de aguas duras puesto que ya no se esperaba la precipitación de saponina, con lo que en caso de existir realmente fosfatos no podemos saber si poseen un papel capturando iones. De todas formas, no hay que olvidar que el P es un elemento importante en los vegetales y por ello la presencia de fosfatos puede estar justificada.

### **Presencia de saponinas:**

Además de la prueba de la espumación y de la hemólisis, se aportó una tercera prueba indirectamente a la posible existencia de saponinas en el resultado del funcionamiento con aguas ácidas, por lo que podemos intuir que sí hay saponinas. Hay que matizar la fuerza hemolítica, ya que todo el espacio cubierto por la gota en la placa de agar-sangre fue hemolizado por completo.

## **6. Conclusiones**

A la vista de los resultados obtenidos, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1: La nuez de *Sapindus mukorossi* queda confirmada como un buen agente limpiador dada su propiedad tensoactiva y emulsionante equiparable a la de un detergente sintético doméstico.

2: Su funcionamiento en aguas con determinadas características como dureza y acidez no está garantizado aunque tampoco descartado, puesto que las condiciones en las que se ensayaron las propiedades emulsionantes fueron una exageración de las situaciones que se suelen encontrar en la realidad (no se encuentran concentraciones de 1 M en el agua corriente).

3: Mención especial merece su actuación en aguas ácidas, ya que hasta un pH de 5 - 6 (el que tenía ya en un principio) operó con normalidad sin necesidad de incorporar compuestos químicos adicionales que elevaran el pH hasta niveles necesarios, como sí lo hizo el detergente.

4: El beneficio medioambiental de la utilización de la nuez de *Sapindus mukorossi* no quedó demostrado en esta monografía, ya que no soluciona la cuestión de la contaminación por fosfatos además de incorporar los problemas medioambientales derivados del contenido en saponina (muerte peces, de animales de sangra fría...).

## **7. Bibliografía**

### Libros:

- AA. VV., *¿Eso es química?*, Madrid, ed. Alhambra, 1988
- Romo de Vivar, Alfonso , *Química, Universo, Tierra y vida* , México D. F., Fondo de cultura económica, 5ª ed.,1995
- *Química: Un proyecto de la American Chemical Society* , trad. de Roberto Martínez Álvarez, Barcelona, ed. Reverté, 2005.
- Baird, Colin; Raymond B. Seymour , *Química ambiental* , Barcelona, ed. Reverté, 2001
- R. Cheeke, Peter, *Toxicants of Plant Origin Volume II: Glycosides* , CRC press, 1989, página 122

### Artículos

- Martínez Nuñez, Juan Manuel; Alejandro Baeza: "«Determinación de fosfatos en detergentes». Analítica Experimental II. Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. 2008
- Hernández Royero, Ricardo; «Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa* Willd » *Revista Cubana de medicina militar*, volumen 16, nº 1, 1997

### Páginas web

- <http://www.nueces-de-lavado.es>
- <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/glycosides.html>
- <http://www.ehu.es/biomoleculas/hc/sugar33c1.htm>
- <http://www.cleaning101.com/cleaning/history/>
- «Determinación de fosfatos en aguas»:  
[http://www.uhu.es/alfredo\\_velasco/practicas/Forestales/fosfatos2.doc](http://www.uhu.es/alfredo_velasco/practicas/Forestales/fosfatos2.doc)



**8. Apéndice**

Se adjunta en la siguiente página el prospecto del test de fosfatos