

MEMORIA DEL PROYECTO

“QUÍMICA DE LAS ANTIBURBUJAS PARA LA ENCAPSULACIÓN DE SUSTANCIAS”

ÍNDICE

1. Introducción.....	página 2
2. Formación de la antiburbuja.....	página 3
3. Experimento de la antiburbuja.....	página 4
4. Propiedades de los tensoactivos.....	página 9
5. Comparando la burbuja con la antiburbuja.....	página 12
6. Factores que afectan a la formación de la antiburbuja.....	página 14
7. La antiburbuja y su comparación con estructuras biológicas.....	página 16
8. Colapso de la antiburbuja.	página 21
9. Óptica de la antiburbuja.....	página 22
10. Aplicaciones de las antiburbujas y lisosomas.....	página 25
11. Bibliografía y páginas web de apoyo.....	página 26
12. Conclusiones del proyecto.....	página 26
13. Los vídeos del proyecto.....	página 27



Einige Kreise (Varios círculos), Vassily Kandinsky, 1926

TRABAJO REALIZADO POR EL GRUPO DEL PROYECTO STEAM DE 2º ESO.
IES TORRE DEL PRADO EN CAMPANILLAS (MÁLAGA)
PROFESORA: MARISA PROLONGO SARRIA

1. INTRODUCCIÓN

“QUÍMICA DE LA ANTIBURBUJA PARA LA ENCAPSULACIÓN DE SUSTANCIAS”

Este proyecto STEAM pretende acercar la química a la ciudadanía, mediante la realización de un sencillo y barato experimento de antiburbujas, podemos ilustrar varios principios de la química y contenidos relacionados, basándonos en la observación de la formación de la antiburbuja. En el experimento, encapsulamos diferentes tipos de sustancias, estudiamos las estructuras moleculares de los tensoactivos, su orientación en la disolución y lo comparamos con el método de encapsulación de la vacuna para introducir el ARN mensajero, además observamos y explicamos el colapso de una antiburbuja y detallamos la óptica de la antiburbuja y calculamos el aparente grosor de la capa de aire formada.

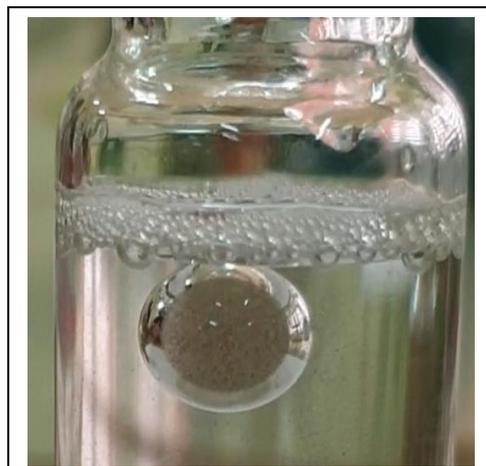
Una antiburbuja es, en composición, lo contrario de una pompa de jabón, una antiburbuja es una gota con contenido de líquido encerrado dentro de una capa de gas aire, rodeado de líquido, y se forma bajo el agua, para realizar una antiburbuja se necesita materiales económicos (agua, botella, pajita y lavavajillas líquido) y sólo debemos tener un poco de paciencia y seguro que lo conseguimos, cuando obtenemos la antiburbuja, es tan llamativo que queremos saber cómo se forma, aprendiendo sobre las propiedades y estructura de los tensoactivos, tan comunes en la vida, como son jabones, detergentes...e incluso proteínas en la cerveza que actúa de tensoactivo, explicando la estructura molecular anfifílica de poseer una doble afinidad polar-no polar de los tensoactivos y su orientación en la disolución y comparándolos con la estructura molecular en la encapsulación de la vacuna del ARN mensajero de Pfizer y Moderna y otras estructuras biológicas. También nos permite observar y estudiar otra característica sorprendente de dinámica de fluido cuando colapsa la antiburbuja. Por último recurriremos a la óptica para responder porque vemos una antiburbuja, ya que aire y agua son transparentes y calcular geoméricamente el aparente grosor de la capa de aire.

Figura 1: A: burbuja o pompa de jabón; B: Antiburbuja

A: burbuja de jabón (burbuja)



B: Antiburbuja



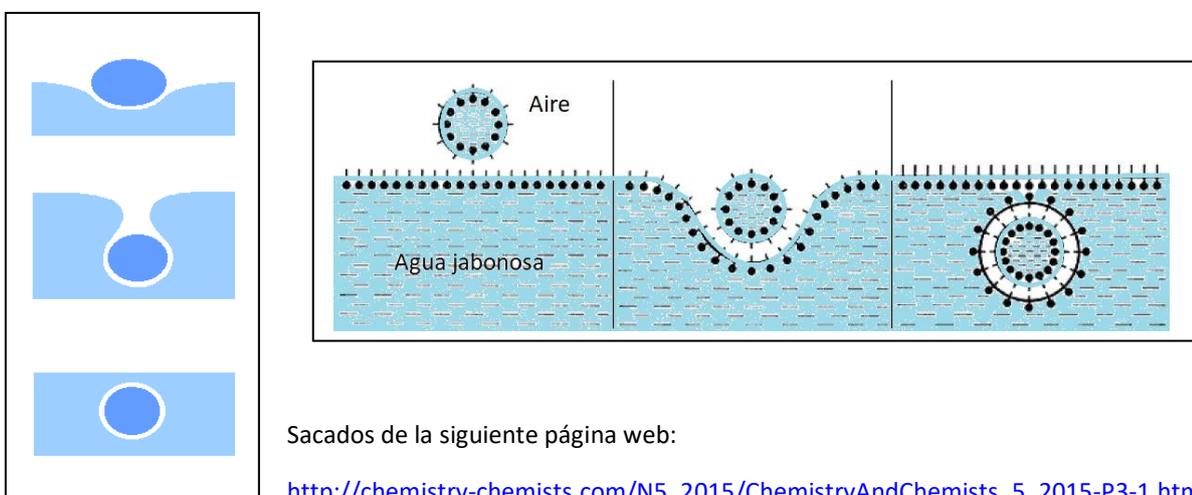
2. FORMACIÓN DE LA ANTIBURBUJA

Cuando una gota de agua jabonosa cae en la misma disolución de agua jabonosa, una fina capa de aire quedará atrapada entre la gota que cae y el resto del agua jabonosa, este efecto lo denominamos **antiburbuja**.

Se forma una antiburbuja cuando la gota queda totalmente sumergida.

Figura 2: Esquema de formación de una antiburbuja

(Obtenido de <https://www.antibubble.org/>)



Sacados de la siguiente página web:

http://chemistry-chemists.com/N5_2015/ChemistryAndChemists_5_2015-P3-1.html

3. EXPERIMENTO DE LA ANTIBURBUJA

Para realizar las antiburbujas, llevamos a cabo los siguientes pasos:

- 1) Se colocaron agua en una botella transparente. Nosotros empezamos con una botella de cristal de vidrio de 20ml.
- 2) Se agregaron gota a gota el tensoactivo (líquido para lavavajillas, jabón líquido de manos, gel de ducha...) lo usamos transparentes para observar mejor la antiburbuja, comprobamos que salía una antiburbuja **echando 1 gota del tensoactivo por cada 10ml de agua.**

Usamos las marcas de detergentes de lavavajillas hipoalergénicos: Frosch o Fairy 0% colorantes y el jabón de manos: Sanex, que son incoloros, para una mejor observación de la antiburbuja.

- 3) Para realizar la antiburbuja, se usa una pajita (de 3 a 6 mm de diámetro) se coloca en la disolución a una profundidad de aproximadamente 2 cm, y se cierra con el dedo la parte superior de la pajita. Dejando cerrada la pajita por la parte superior, se sube la pajita hasta un poco más de la superficie del líquido de la botella y se suelta el dedo que cerraba la pajita, para deje caer la disolución en la botella. (figura 3)
- 4) Para realizar la antiburbuja encapsulada con algún tipo de sustancia, es conveniente, realizar dos disoluciones jabonosas (con la proporción de 10ml de agua una gota de detergente) y en una de ellas se añade el color.

Figura 3: Material: cristal de borosilicato de 20ml y tipos de detergentes y jabón usados

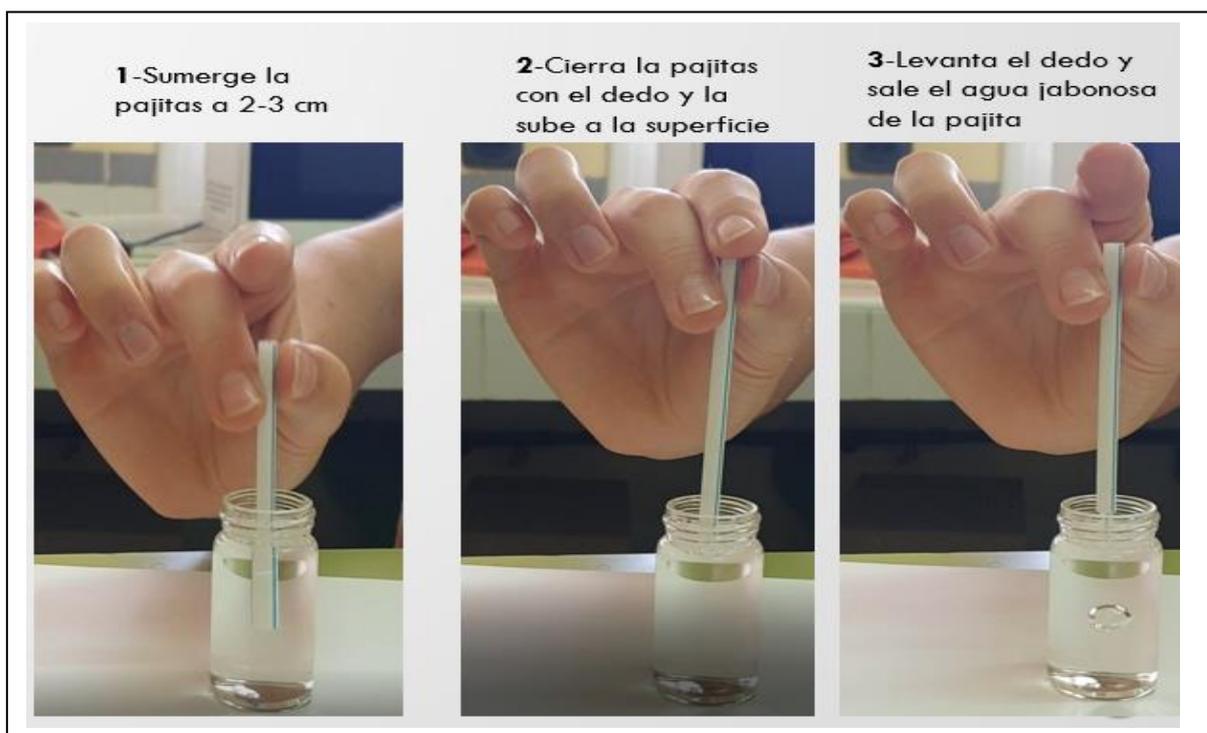


Cristal de borosilicato de 20ml



Tipos de detergentes y jabón usados

Figura 4: Cómo se realiza la antiburbuja, los pasos de cómo hay que poner los dedos



Cómo se realiza la antiburbuja (fijarse en los dedos): ANTIBURBUJA INCOLORA

Al principio nuestro objetivo experimental es obtener una bola incolora y para ello sólo necesitamos un tarrito de cristal de 20ml con agua y dos gotas de detergente. Empezamos con una pajita, sumergiéndola 2cm y poniendo los dedos como indicamos en la figura 4 y obtenemos una antiburbuja.

A) ANTIBURBUJA DE COLORANTE ALIMENTICIO

Para hacer una antiburbuja de colorante comestible, necesitamos realizar dos disoluciones jabonosas A y B, que son disoluciones idénticas pero en la disolución A se añade gotas de colorante y con una pajita se recoge la disolución A coloreada y se introduce en la disolución B (incolora) donde la vertemos con la pajita, para obtener la antiburbuja coloreada.

Figura 5: Antiburbuja de color verde, observamos que se han preparado dos disoluciones la A y la B, de igual composición pero la A contiene además colorante verde

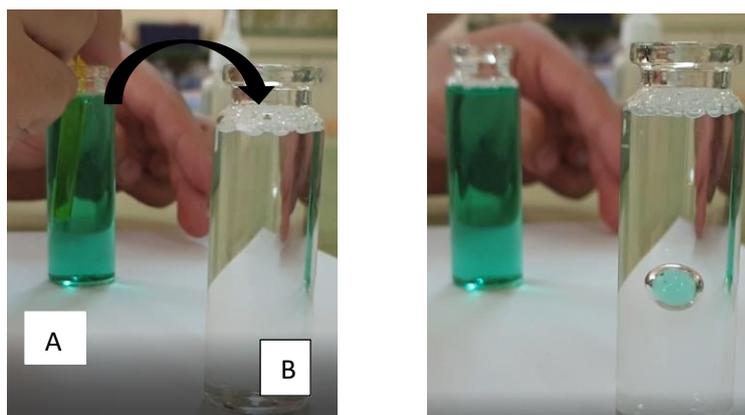


Figura 6: Antiburbujas que se ha encapsulado distintas sustancias



B) ANTIBURBUJA DE CERVEZA

En un tarro de cristal de 20ml, se echa la cerveza únicamente y se forman antiburbuja con una pajita. (Con la cerveza de marca aliada nos ha salido muy bien)

La cerveza contiene proteínas que es un surfactante igual que el líquido para lavar platos, actúa de tensoactivo y disminuye la tensión superficial que hacen que la cerveza sea "pegajosa" y aumentan la resistencia hidrodinámica de las antiburbujas. Las antiburbujas también recogen más CO₂ y crecen a medida que ascienden.

Muy importante es que hemos demostrado que la cerveza contiene tensoactivo que permite que salga la antiburbuja sin detergente

Figura 7: Antiburbuja hecha con sólo cerveza



C) ANTIBURBUJAS REALIZADAS EN UNA DISOLUCIÓN DE GRADIENTE DE DENSIDADES

Antiburbujas realizadas en un vaso y vertidas con pipeta, el proceso es el siguiente:

1. En un vaso se llena de agua jabonosa (como sabemos cada 10ml de agua con una gota de detergente para lavar los platos) además vertimos sirope de agave para formar una capa de 1cm a 2 cm en el fondo. Disolución A

Removemos la disolución anterior suavemente con una cuchara, lo suficiente para crear una transición gradual del sirope de agave en la parte inferior a agua con jabón en la parte superior. Sin una interfaz nítida visible en el medio. No removemos demasiado. Así podemos tener un vaso con un gradiente de densidades

2. Realizamos una segunda disolución de agua jabonosa en un vaso de tal manera que por cada 10ml de agua añadimos una gota de detergente para lavar los platos y además echamos colorante, en este caso rosa. Disolución B.

3. Usamos una pipeta de 1ml y 3 ml, extrayendo el líquido de la disolución B (rosa en nuestro caso) a la disolución A (incolora) y se crean antiburbujas que van a situarse en el vaso de la disolución A a diferentes niveles

Para realizar antiburbujas de colores realizamos dos disoluciones:

DISOLUCIÓN A: agua jabonosa realizalo en un vaso de 200ml o 300 ml (por 10ml de agua, una gota de jabón) + sirope de agave

DISOLUCIÓN B: agua jabonosa (por 10ml de agua, una gota de jabón) + 1 gota de colorante

Figura 8: Material para el experimento en vaso de antiburbujas

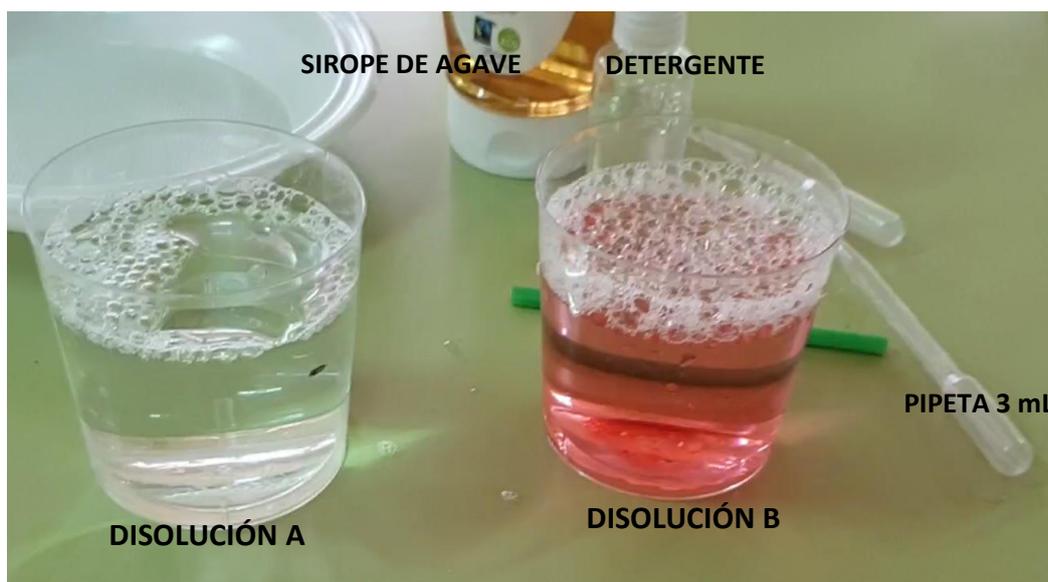


Figura 9: La disolución B (agua jabonosa con colorante rosa) se le echa con una pipeta de 3 ml en la disolución A (que contiene agua jabonosa y sirope de agave) y hemos obtenidas antiburbujas a diferentes niveles



D) ANTIBURBUJA DE LECHE

Para ver las antiburbujas de una manera diferente, podemos usar un poco de leche, colorante para alimentos, jabón para platos y un bastoncito de algodón.

Vertimos un poco de leche en un plato y unas gotas de diferentes colorantes. Tocamos con el bastoncito de algodón impregnado en detergente, la disolución de leche y colorante y observamos muchos colores ya que el jabón repele la leche además podemos observar algunas esferas rebotando a lo largo de la superficie. Acabamos de hacer antiburbujas.

Video de la leche para ver antiburbujas en una página web que me ha servido de apoyo: <https://youtu.be/MWX50iLn30Y>

Figura 10: Nuestro experimento de antiburbujas de leche



4. PROPIEDADES DE LOS TENSOACTIVOS

Los sistemas tensoactivos poseen un enorme interés industrial debido a sus múltiples aplicaciones tecnológicas. Todos los sectores de la industria química los utilizan en la producción o en la aplicación de sus productos. Son fundamentales en la industria farmacéutica, alimentaria, cosmética, textil, de pigmentos y pinturas y lubricantes entre otras. La industria de los agentes tensoactivos consume grandes cantidades de materias primas petroquímicas tales como alcanos lineales, 1-alquenos, n-alcoholes, alquilbencenos y óxido de etileno entre otros y de grasas naturales.

Aproximadamente se consumen en el mundo unos 6000 millones de toneladas de compuestos tensoactivos cada año.

En esta época de COVID, el jabón ha sido y es uno de los frenos al coronavirus.

CARACTER ANFIFÍLICOS

El interés de los compuestos tensoactivos radica en su carácter anfifílico. Una molécula es anfifílica cuando posee una doble afinidad polar-no polar; es decir, en la presencia en una misma molécula de dos o más grupos con propiedades antagónicas respecto de un mismo disolvente. Todas las sustancias anfifílicas tienen una estructura molecular común que tiene dos partes: un grupo polar que contiene heteroátomos como O, S, P ó N que se encuentran en grupos alcohol, ácido, sulfato, sulfonato, fosfato, amina, amida, etc, y un grupo apolar o poco polar que es en general un grupo hidrocarbonado de tipo alquil o alquil benceno, y que puede contener eventualmente átomos de halógeno u oxígeno. La parte polar posee afinidad por los disolventes polares, en particular por el agua, y se denomina comúnmente la parte hidrófila o hidrofílica. Por

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

el contrario el grupo apolar se llama la parte hidrófoba o hidrofóbica, o bien lipofílica (del griego "phobos", el miedo, y "lipos", la grasa).

Así, las moléculas tensoactivas, debido a su carácter anfílico poseen la propiedad de disolverse en moléculas polares y no polares. Las fórmulas siguientes muestran dos moléculas anfílicas, comunes utilizadas como agentes de limpieza.

Representándolo de una forma simplista la parte hidrófila e hidrófoba:

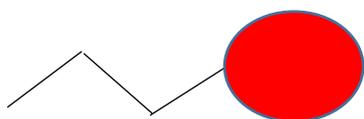
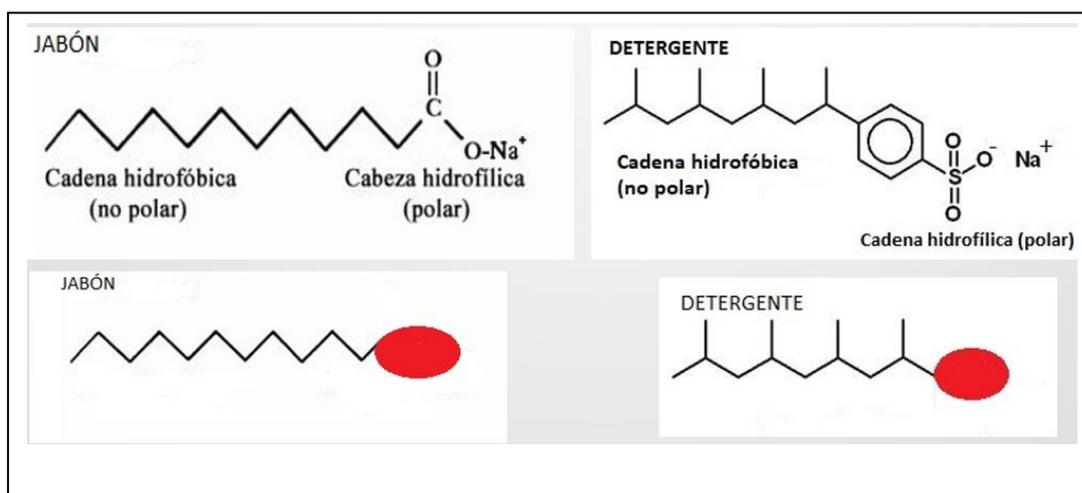


Figura 11: Diagrama de un jabón y un detergente:



En disoluciones diluidas acuosas se forma una capa monomolecular en la superficie como la mostrada en la (figura A) y a medida que aumenta la concentración de la sustancia tensoactiva, sus moléculas se orientan en el seno del agua formando **micelas** constituidas por 25 a 200 cadenas (Figura B).

Figura A (en la superficie)

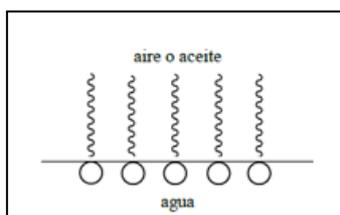
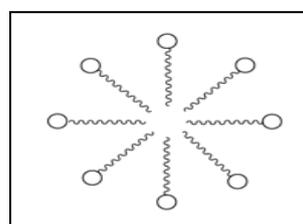


figura B (en el seno del agua)



Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

Los anfifílicos tiene muchas propiedades y se les clasifica según sus aplicaciones: jabones, detergentes, dispersantes, emulsionantes, espumantes, bactericida, inhibidores de corrosión, antiestático, etc. o según el tipo de estructuras que forman: membranas, microemulsiones, cristal líquidos, liposomas o geles.

Las moléculas anfifílicas muestran una fuerte tendencia a migrar a las interfases, de forma tal, que su grupo polar se encuentre dentro del agua y su grupo apolar se encuentre orientado hacia un disolvente orgánico apolar o en la superficie aérea. Los grupos hidrófilos están solvatados en la parte acuosa y los lipófilos están ordenados en la fase apolar (aire o grasa...)

Debido a esta orientación algunas moléculas anfifílicas **tienen la propiedad de disminuir la tensión superficial en una interfase** aire-agua o grasa-agua; estas moléculas reciben el nombre de sustancias tensoactivas. Es necesario hacer resaltar que no todos los anfifílicos poseen tal actividad, para que esto suceda es necesario que la molécula posea propiedades relativamente equilibradas, quiere decir, que no sea ni demasiado hidrófila ni demasiado hidrófoba.

Según el carácter del extremo hidrófilo las moléculas tensoactivas se clasifican en aniónicas, catiónicas, no iónicas y anfóteras.

Tensoactivo en la cerveza

La cerveza contiene proteínas que es un surfactante igual que el líquido para lavar platos, actúa de tensoactivo y disminuye la tensión superficial que hacen que la cerveza sea "pegajosa" y aumentan la resistencia hidrodinámica de las burbujas. Las burbujas también recogen más CO₂ y crecen a medida que ascienden.

Proteínas presentes en la malta y el lúpulo, que demuestra influyen favorablemente tanto en la formación como en la estabilización de la espuma de cerveza.

La manoproteína Cfg1, presente en la pared celular de las levaduras, favorece la estabilidad de la espuma gracias a su estructura con una región hidrofóbica y otra hidrofílica altamente glicosilada. Cuando se forma la espuma, señalan los investigadores, esta proteína se une a las burbujas de gas con la región hidrofóbica orientada hacia el interior de las burbujas y la región hidrofílica orientada hacia la fase acuosa, de modo que aumenta la viscosidad del líquido evitando así su drenaje.

Sacado del trabajo, que fue publicado en la prestigiosa revista Journal of Agricultural and Food Chemistry, propone a la proteína Cf1p como una buena candidata para la mejora de la calidad de la espuma de la cerveza.

IMPORTANTE:

Demostremos que no se puede hacer antiburbujas con agua pura, alcohol o aceite, pero si con cerveza porque es un caso especial contiene tensoactivos, que son

necesarios para reducir la tensión superficial del agua y que se puedan obtener antiburbujas.

5. COMPARANDO LA BURBUJA CON LA ANTIBURBUJA

Las pompas de jabón que ha sido una herramienta educativa popular con colores fantásticos y se producen en el aire, mientras que las antiburbujas se forman bajo el agua.

Cuando una gota de agua jabonosa cae en el agua jabonosa, una fina capa de aire quedará atrapada entre la gota que cae y el resto del agua jabonosa, este efecto lo denomina glóbulo de agua o bola o antiburbuja.

Figura 12: esquema de una burbuja y una antiburbuja

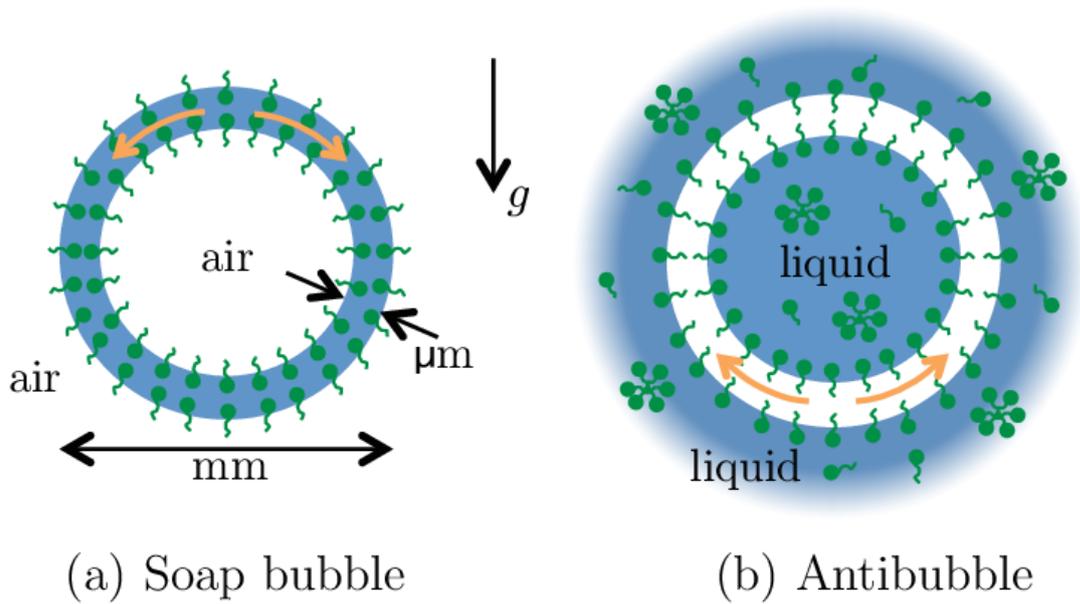
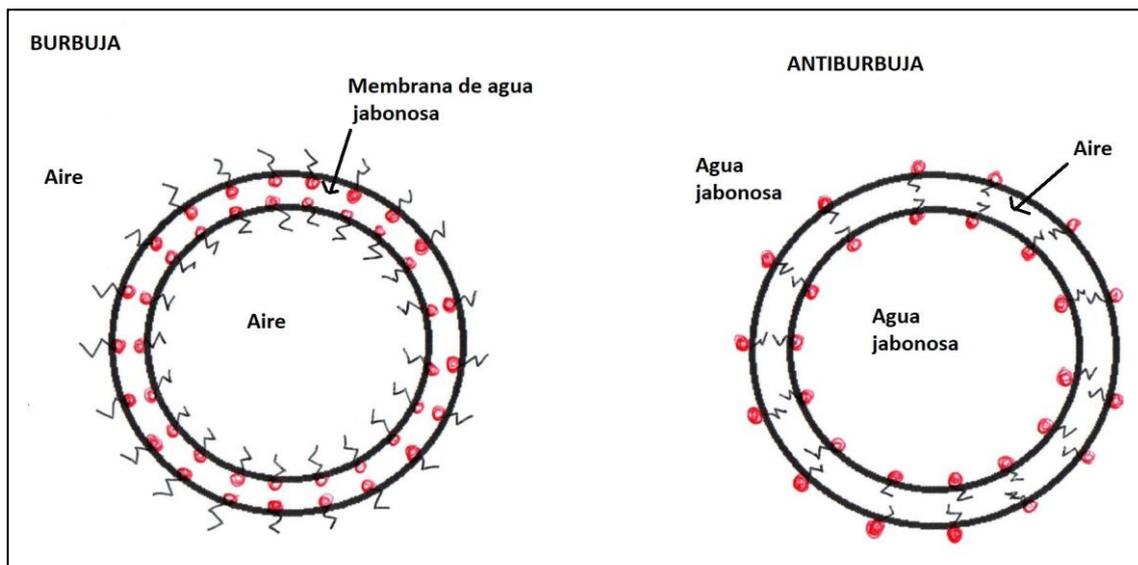


Figura 13: Comparar una burbuja y una antiburbuja con sus orientaciones hidrófilas e hidrófobas. Sacada de esta página web <https://www.semanticscholar.org/paper/Controlling-the-lifetime-of-antibubbles.-Vitry-Dorbolo/8c4f1910cf0ab37d4e9081f25bf14e7c53ae7f50>

Comparamos burbujas (pompas de jabón) y antiburbujas

- 1) Las burbujas o las pompas de jabón se producen en el aire, mientras que las antiburbujas se forman bajo el agua
- 2) La composición son contrarias: burbuja o pompa de jabón es una bolsa de aire o gas dentro de una película o capa de líquido, todo rodeado de gas, una antiburbuja es una gota con contenido de líquido encerrado dentro de una capa de gas, todo rodeado de líquido.
- 3) Las burbujas y antiburbujas se mantienen por la tensión superficial, las burbujas se mueven por el aire y estallan cuando tocan una superficie y las antiburbujas se mueven por el agua y pueden rebotar hasta estallar.
- 4) Las antiburbujas refractan la luz de manera distinta a las burbujas de aire debido a su composición, ya que el líquido que se encuentra en su interior provoca la refracción de la luz incidente. Como consecuencia de esta refracción, las antiburbujas presentan un aspecto brillante.
- 5) Al contrario que las burbujas de jabón, con aire dentro y fuera de ellas, que tienden a hundirse progresivamente hacia el fondo del recipiente; las antiburbujas tienen capacidad para flotar y por tanto tienden a elevarse hacia la superficie del líquido.
- 6) Las antiburbujas es un fenómeno poco común por la paciencia para realizarlas y las burbujas son muy comunes porque son más fáciles de realizar.

6. FACTORES QUE AFECTAN EN LA FORMACIÓN DE LA ANTIBURBUJA

Factores que afectan a la formación de la antiburbuja:

- **En cuanto a la densidad**

Las antiburbujas están formadas por agua jabonosa con una capa de aire muy fina, las antiburbujas son ligeramente más ligeras que el líquido circundante y tardan en subir a la superficie. De hecho, si el líquido interno de una antiburbuja es algo más pesado que el líquido circundante, la antiburbuja realmente se hundirá.

Cuando estalla un antiburbuja hecha con agua jabonosa sin colorante, todo lo que queda son unas diminutas burbujas de aire que se elevan rápidamente.

Las burbujas de aire ordinarias suben rápidamente a la superficie, las antiburbujas tienden a subir mucho más lentamente que las burbujas de aire.

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

Por la misma razón, las antiburbujas se detendrán justo debajo de la superficie del agua, no hacia arriba de la superficie como lo hacen las burbujas de aire.

Nosotros hemos jugado con las antiburbujas variando densidades de los líquidos:

- A) Se puede usar iguales líquidos jabonosos de interior y exterior de la antiburbuja
- B) Se puede aumentar la densidad del líquido interior de la antiburbuja y se hundirá la antiburbuja
- C) Se puede crear un gradiente de densidades en el líquido exterior de la antiburbuja y se obtiene una antiburbuja que se suspende a diversos niveles y durará más tiempo

Figura 14: La antiburbuja se hunde y luego sube



- **En cuanto a las pajitas, pipetas y drenaje que se usan**
 - A. Hemos utilizado pajitas de tamaño de diámetro de 3 mm a 6mm. La que nos ha salido mejor es con las pajitas de 3 mm cuando lo realizamos las antiburbujas en un tarro de cristal de 20ml.

Figura 15: Pajitas usadas en el experimento

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias



B. Lo hemos utilizado pipetas de 1ml y 3 ml y salen bien para hacer antiburbujas en vaso de 200ml pero no en tarros de 20ml.

- **En cuanto a la fuerza de impulso de la antiburbuja**

La aplicación del chorro es fundamental: demasiado suave y el antiburbujas no se formará, demasiado duro y estallará.

Si el chorro se administra con la fuerza correcta, impulsará la esfera y sus membranas circundantes.

La fuerza justa se llega con la práctica.

- **En cuanto a la tensión superficial**

El jabón, disminuye la tensión superficial hasta aproximadamente un tercio de la tensión superficial del agua pura, lo suficiente para que salga la antiburbuja.

Podemos hacer antiburbujas con diferentes líquidos pero tiene que contener jabón para reducir la tensión superficial.

Hay una sustancia que hace antiburbuja sin jabón, es la cerveza porque contiene proteínas que es un surfactante igual que el líquido para lavar platos, actúa de tensoactivo y disminuye la tensión superficial.

No hemos encontrado otra sustancia que podamos formar antiburbuja sin detergente.

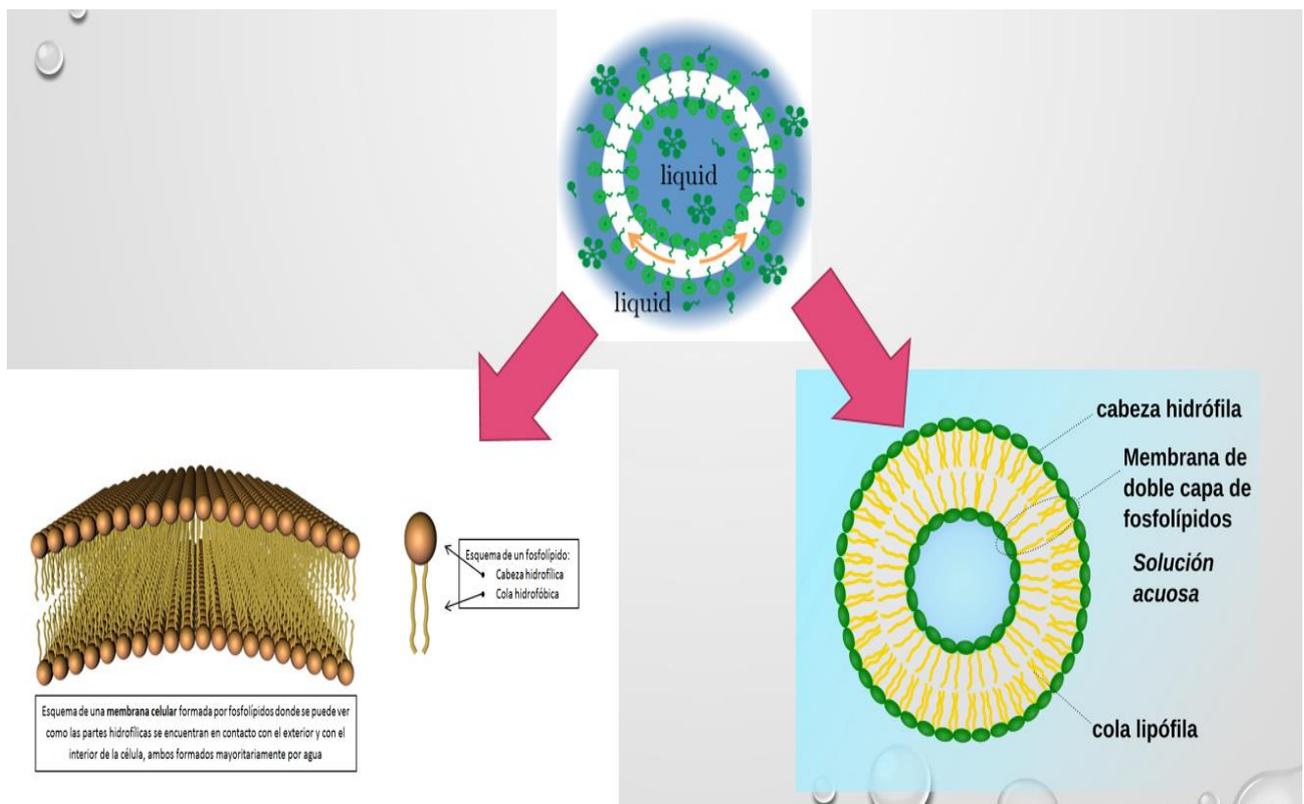
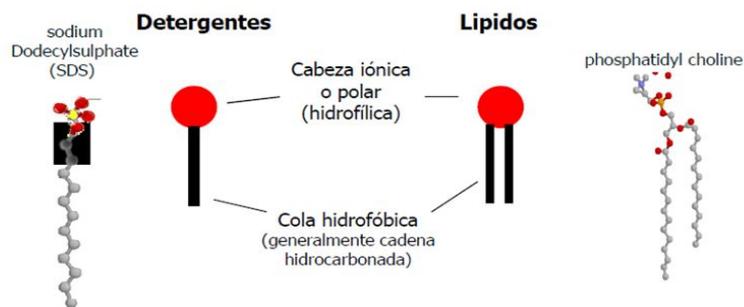
7. LA ANTIBURBUJA Y SU COMPARACIÓN CON ESTRUCTURAS BIOLÓGICAS

Tanto los detergentes como los lípidos son moléculas anfifílicas

La química de la antiburbuja está relacionada con la biología ya que posee estructuras similares membrana nuclear y liposomas a las antiburbujas

Moléculas Anfifílicas

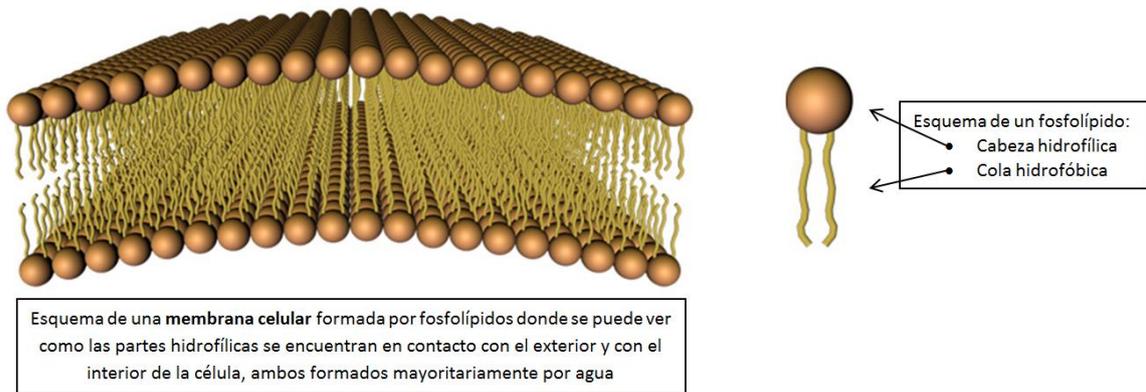
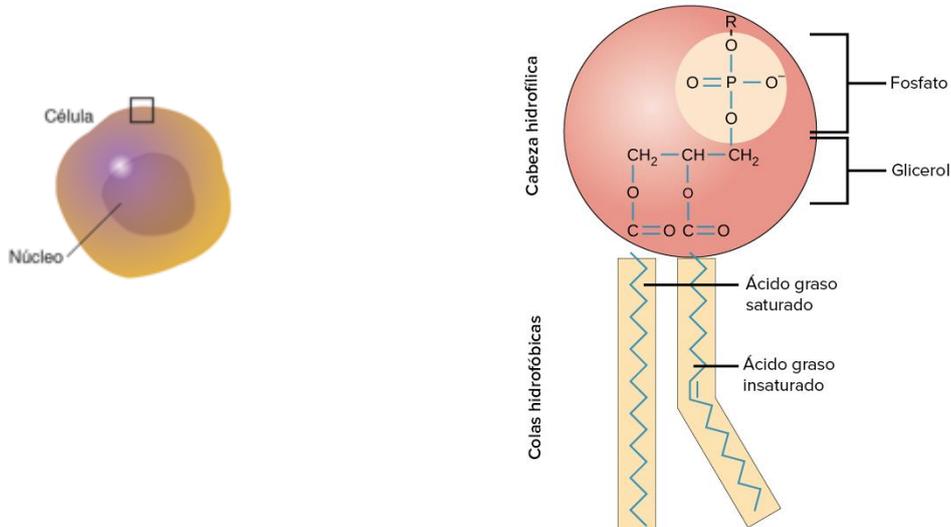
- Poseen Claramente una región Hidrofílica (polar), y una región Hidrofóbica (no polar)
- Anfifilos simples: detergentes, fosfolípidos
- Anfifilos complejos: Proteínas, ácidos nucleicos



A) La membrana celular

La membrana celular está compuesta por una bicapa lipídica cuyo grupo hidrofílico es orientado hacia el exterior igual que la antiburbuja, como muestra la figura del esquema de una membrana celular

Vemos la membrana y la composición de los fosfolípidos y como se orientan:



B) Los liposomas

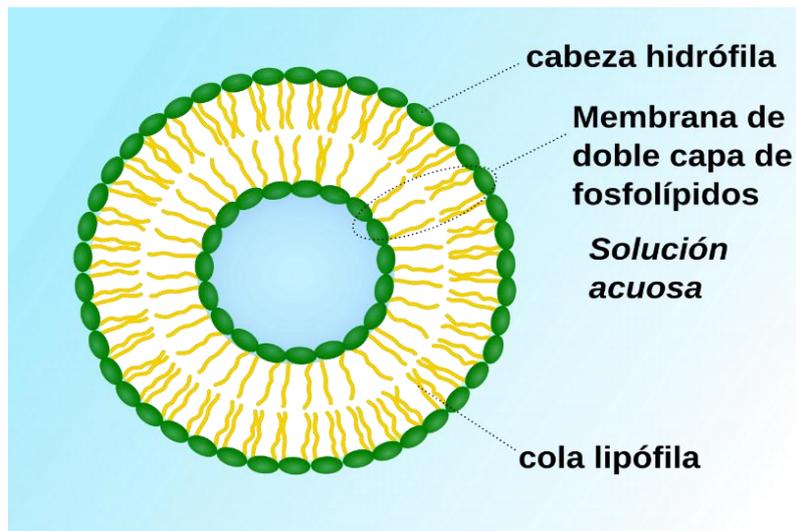
Un liposoma es una vesícula esférica (pequeña burbuja) con una membrana compuesta de una doble capa de fosfolípidos, que consta de parte hidrosoluble y liposoluble

Los fosfolípidos naturales se obtienen de la soja, y en una solución acuosa forman la estructura esférica conocida como liposoma. Durante este proceso las colas lipófilas de los fosfolípidos entran en contacto entre ellas formando una membrana de doble capa que es hidrófila en sus partes exteriores y lipófila en su interior. Por lo tanto, el

interior y el exterior de un liposoma es hidrosoluble y el interior de la membrana del liposoma es liposoluble. Por definición, los liposomas contienen un núcleo de solución acuosa; los lípidos esféricos que contienen material no acuoso se denominan micelas.

Los liposomas pueden estar compuestos de fosfolípidos derivados en la naturaleza con cadenas de lípidos mezclados (como la fosfatidiletanolamina presente en el huevo) o de componentes tensoactivos como el DOPE (dioleoylphosphatidylethanolamine).

Esta estructura permite a un liposoma absorber y transportar sustancias hidrosolubles (como vitamina C y conservantes químicos) además de agentes liposolubles (como vitamina E y fragancias). Se trata por lo tanto de un arma de doble filo ya que un liposoma permite transportar sustancias con efectos tanto negativos como positivos para la piel.

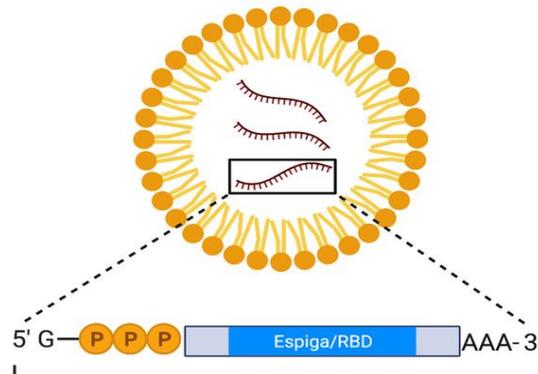


A) Nanopartículas lipídicas como transporte de la vacuna ARN mensajero

Nos preguntamos ¿Cómo se transporta la vacuna ARNm?

Imagine que compra un jarrón de cristal muy frágil por internet. Necesita una buena caja, con espuma para que no se rompa, y la dirección para que llegue a su destino. De manera similar, el ARNm es una molécula muy frágil y se transporta dentro de una esfera o gota de grasa que atraviesa la pared celular por endocitosis y libera su material dentro de la célula

Nanopartícula lipídica



El ARNm que codifica para la proteína de espiga y el dominio de unión al ligando (RBD) del SARS-CoV-2, se encapsula en nanopartículas lipídicas que forman las vacunas contra el coronavirus.

- **Comparamos la entrada de la antiburbuja en la disolución jabonosa con la entrada de la nanopartícula lipídica que contiene el ARNm en la membrana celular:**

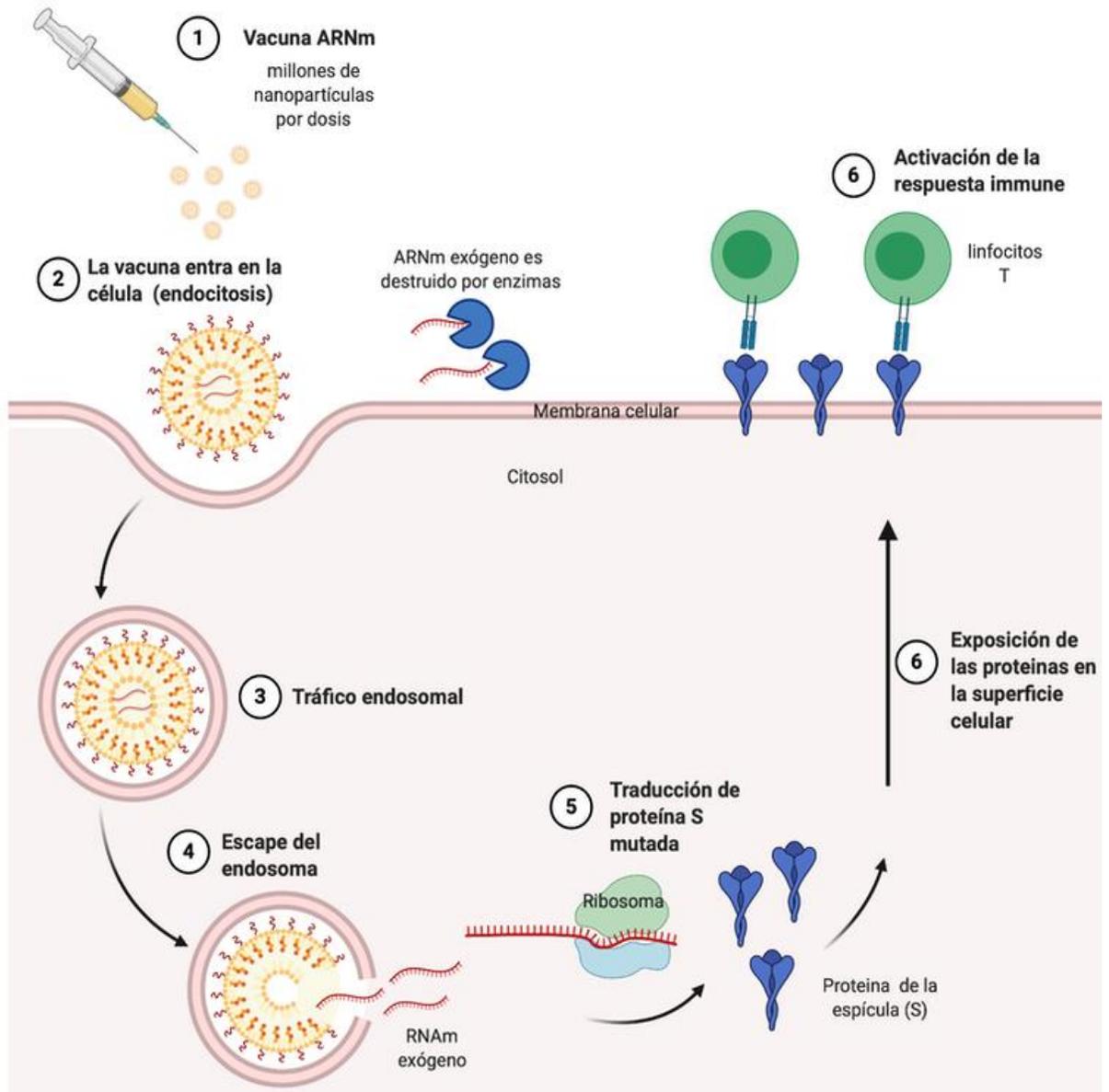
ENTRADA DE AGUA JABONOSA EN LA DISOLUCIÓN

ENTRADA DE LA NANOPARTÍCULA LIPÍDICAS QUE CONTIENE EL ARNm EN LA MEMBRANA CELULAR

- 1 Vacuna ARNm millones de nanopartículas por dosis
- 2 La vacuna entra en la célula (endocitosis)
- 3 Tráfico endosomal

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

Esquema del funcionamiento de la vacuna:



Figuras y textos sacados de: <https://theconversation.com/esferas-de-grasa-y-arn-sintetico-ingredientes-para-la-vacuna-de-la-covid-19-152580>

8. COLAPSO DE UNA ANTIBURBUJA

Para observar el colapso de la antiburbuja, hemos descubierto que las antiburbujas realizadas con pigmento fluorescente e iluminadas con luz ultravioleta, se observa perfectamente.

Un fenómeno sorprendente para el que realiza la práctica es la formación del anillo después del colapso de la antiburbuja, como se muestra en las fotos de la figura 16 realizadas por el alumnado con pigmentos fluorescentes y linterna de ultravioleta.

Este anillo permanece por varios segundos y se difunde gradualmente en la solución. La razón por la cual el anillo aparece se debe a un vórtice que se forma en la antiburbuja.

La rotura de la antiburbuja es provocada por una onda de choque que empuja la solución coloreada hacia la dirección opuesta de la onda de choque. Posteriormente se produce un vórtice hacia afuera y da como resultado la aparición del anillo.

Figura 16: Observamos el colapso de una antiburbuja



9. LA ÓPTICA DE UNA ANTIBURBUJA

A. ¿POR QUÉ VEMOS LA ANTIBURBUJA?

El aire y el agua son transparente la pregunta que nos hacemos es ¿por qué vemos la antiburbuja dentro del agua?

El aire y el agua son transparentes, la luz viaja a distinta velocidad en el aire que en el agua, viaja en el aire 33% más rápido que en el agua, como resultado cuando la luz pasa de un medio a otro en parte se refleja y en parte se refracta (se dobla). Para la parte refractada, aplicamos **la Ley de Snell** y se expresa:

$$n_2 \text{ sen } \Theta_2 = n_1 \text{ sen } \Theta_1$$

Nos fijamos en la figura 17 que es el modelo de una antiburbuja, en la parte superior, nos indica en color azul los rayos con que se propaga la luz en la interface **agua-aire**:

n_2 es el índice de refracción de la luz en el **agua** vale 1,33

n_1 es el índice de refracción de la luz en el **aire** vale 1

Θ_{agua} es el ángulo del rayo de luz con respecto a una línea perpendicular a la superficie en el lado del agua

Θ_{aire} es el ángulo del rayo de luz con respecto a una línea perpendicular a la superficie en el lado del aire

Vamos a calcular el ángulo $\Theta_1 = \Theta_{\text{aire}}$ es el ángulo del rayo de luz con respecto a una línea perpendicular a la superficie en el lado del aire, cuando la luz pasa del agua a la capa de aire en la antiburbuja,

Conociendo el ángulo con que llega la luz es $\Theta_2 = \Theta_{\text{agua}}$ es el ángulo del rayo de luz con respecto a una línea perpendicular a la superficie en el lado del agua

Como sabemos que el índice de refracción de un medio es igual a la velocidad de la luz en el vacío dividido la velocidad de la luz en ese medio.

$$n_{\text{medio}} = \frac{c}{v_{\text{medio}}}$$

v_2 es la velocidad de la Luz en el agua

v_1 es la velocidad de la Luz en el aire

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad n_2 = \frac{c}{v_2}$$

Nos queda la Ley de Snell:

$$\frac{\text{sen} \theta_{\text{aire}}}{\text{sen} \theta_{\text{agua}}} = \frac{n_2}{n_1} \approx \frac{1,33}{1}$$

Para un ángulo de incidencia mayor que el ángulo crítico, es decir $\Theta_2 = \Theta_{\text{agua}} \geq 49^\circ$ la ecuación anterior no tiene solución, no hay ningún ángulo del lado del aire que satisfaga la ecuación, en este caso la luz que se propaga dentro del agua se reflejará completamente en la interfaz agua-aire:

$$\frac{\text{sen}\theta_{\text{agua}}}{\text{sen}\theta_{\text{aire}}} = \frac{n_2}{n_1} \approx \frac{1}{1,33}$$

Despejando:

$$\text{sen } \Theta_{\text{aire}} = 1,33 \times \text{sen } 49^\circ;$$

$$\Theta_{\text{aire}} = \text{sen}^{-1}(1,33 \times \text{sen } 49^\circ) = \text{sen}^{-1}(1,003) = \text{imposible},$$

No hay ángulo que lo satisfaga, por tanto, el borde de la burbuja actúa como un espejo. Línea A de la figura 17.

Observamos en el dibujo que en las líneas de propagación de la luz de la parte superior de la esfera:

Con un ángulos de incidencia $\Theta \geq 49^\circ$ **hay una reflexión total**, el borde de la burbuja actúa de espejo.

Puede ver la luz reflejada en la superficie de una burbuja sumergida porque el índice de refracción del aire dentro de la burbuja es diferente al del agua que rodea la burbuja. Esa diferencia, si es lo suficientemente grande, convertirá la superficie de una **burbuja en un espejo para los rayos de luz** que se acercan a ella desde ciertas direcciones, lo que hará que sea fácil de ver.

Figura 17: Muestra un modelo esquemático de propagación, refracción y reflexión de la luz. Modelo de una antiburbuja para estudiar para observar la reflexión total y como aumenta el grosor aparente de la capa de aire.

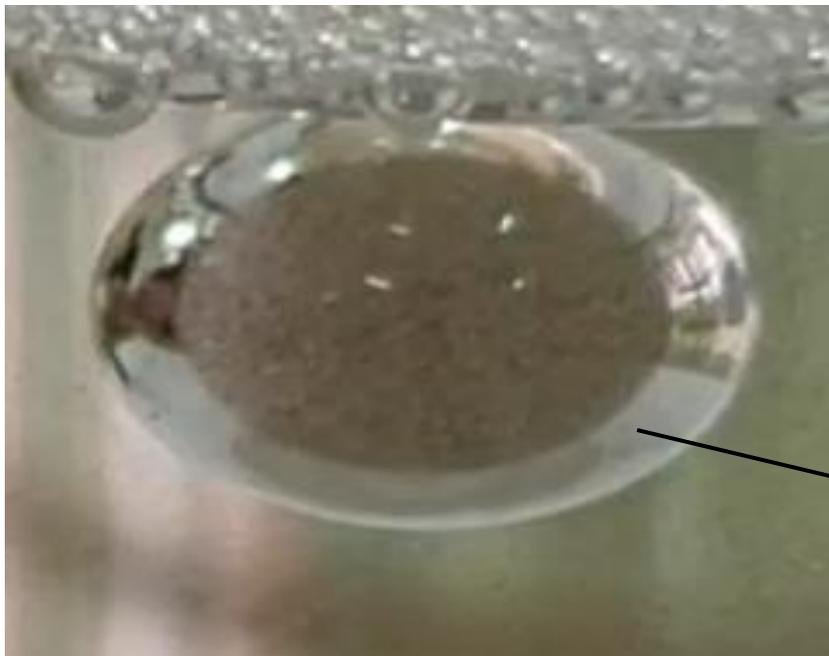
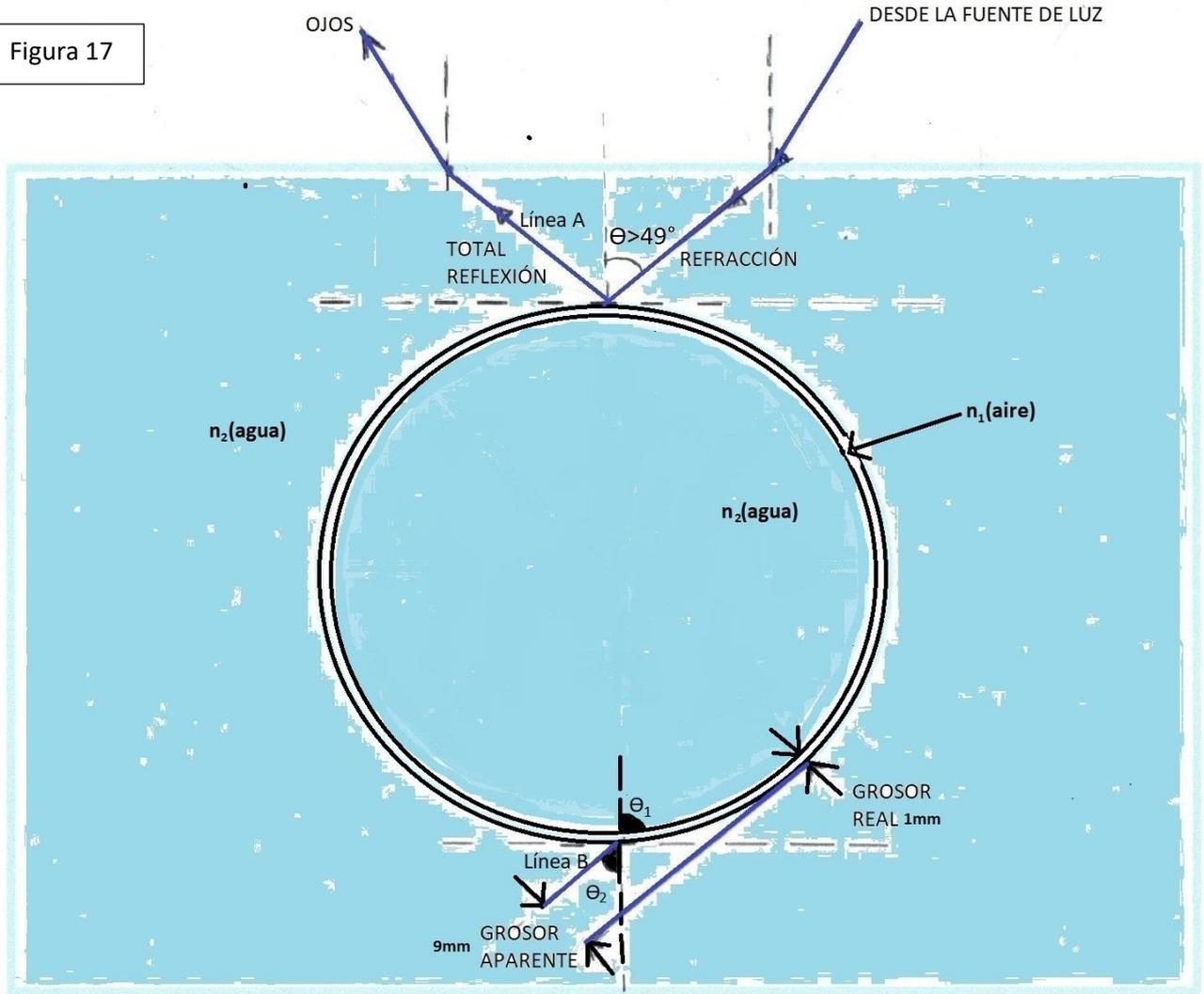
Las líneas azules muestran la propagación de las ondas de luz:

-Líneas de la parte superior de la bola: es para visualizar la propagación de la luz en la interface agua-aire y el ángulo con la horizontal produce una reflexión total actúa como un espejo (línea A).

-Líneas de la parte inferior de la bola: para calcular geoméricamente el aparente grosor de la capa de aire, en la interface aire-agua (línea B).

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

Figura 17



ES UN ESPEJO LA
CAPA DE AIRE

B. EL GROSOR DE LA CAPA DE AIRE

El espesor que vemos de la capa de aire de la antiburbuja es mayor que el espesor real, vamos a explicar porque motivo

La Figura 17 muestra un modelo esquemático de propagación, refracción y reflexión de la luz. Ahora nos fijamos, en la parte inferior de la antiburbuja, en las líneas de propagación de la luz que va del **aire-agua**:

Donde n_2 índice de refracción del agua y n_1 índice de refracción del aire:

El grosor de aparente es más ancho que el espesor real cuando la refracción obedece:

Ley de Snell cuando la luz viaja de agua a aire: $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

El grosor puede ser calculado geoméricamente.

Cuando la luz se refracta del aire ($n_1 = 1,00$) al agua ($n_2 = 1,33$) y viaja en línea recta en la dirección de la vista (**Línea B**), se puede calcular que el ángulo debe ser $\theta_2 < 48,8^\circ$.

Para satisfacer este requisito de ángulo, **calculamos geoméricamente en el dibujo**: el grosor de diámetro real nuestro es **1mm** y pasa a ser grosor aparente de **9 mm** de diámetro.

Para simplificar el modelo no incluye tensoactivos para facilitar el ejercicio de cálculo, aunque las propiedades ópticas se ven afectadas por la presencia de tensoactivos.

10. APLICACIONES DE ANTIBURBUJAS

Las aplicaciones de las antiburbujas:

- Si las antiburbujas se pueden estabilizar pueden ser usadas para formar un largo y duradero agente anti-espuma que pueda utilizarse como lubricante o como filtro de gases.
- Las propias antiburbujas se pueden usar para procesos químicos como la eliminación de contaminantes de una chimenea.
- Cambiar el aire en las capas de las antiburbujas por otro líquido podría utilizarse como sistema de envío de droga mediante la creación una capa exterior de líquido-polímero alrededor de la droga. Fortaleciendo el polímero con luz ultravioleta se formaría una cápsula de droga.

Las aplicaciones de los lisosomas:

Al envolver una sustancia acuosa, actualmente se utilizan como transportadores de diversas sustancias al exterior y el interior de la célula. Algunas de estas sustancias son medicamentos o cosméticos (se pueda liberar durante largo tiempo, pudiendo asimismo mantener hidratada la piel), e incluso se utilizan en biotecnología, en algunos casos de terapia genética, para introducir genes de un organismo en otro diferente.

- Transporte de antibióticos

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

- Transporte de fungicidas hacia el sistema reticuloendotelial (liposomas convencionales) hacia los linfonodos y macrófagos en tejidos más profundos (liposomas estabilizados estéricamente)
- Vacunas
- Terapias antiinflamatorias
- Glucocorticoides liposomales en aerosol
- En la industria cosmética, ha tenido múltiples aplicaciones: cremas y geles faciales y corporales, lociones tónicas o humectantes, bronceadores y protectores solares y post-solares (faciales y corporales).
- Ahora se está encapsulando el ARN mensajero de las vacunas de Pfizer y Moderna en nanopartículas lipídicas

11. BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB DE APOYO

- Formation of a Water Ball in a Water Bottle to Learn the Chemistry of Surfactants Daisuke Kajiya del Journal of Chemical Education
- <https://www.antibubble.org/>
- <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-10.php>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Liposoma>
- <https://youtu.be/MWX50iLn30Y>
- <https://theconversation.com/esferas-de-grasa-y-arn-sintetico-ingredientes-para-la-vacuna-de-la-covid-19-152580>
- <https://physics.stackexchange.com/questions/450054/why-are-we-able-to-see-air-bubbles-under-water>

12. CONCLUSIONES

Nuestras conclusiones al realizar el Proyecto:

- Realizamos antiburbujas incoloras
- Realizamos antiburbujas con encapsulamiento de: colorantes, polvo de mica, pigmentos fluorescentes iluminados con luz ultravioleta, alimentos líquidos (vino, cerveza, leche, té, jugo de col lombarda)
- Aprendemos la estructura molecular de los tensoactivos en la antiburbuja
- Aprendemos la importancia del jabón en la destrucción del coronavirus
- Comparamos la estructura molecular de antiburbujas y nanopartículas lipídicas
- La importancia de la encapsulación en las nanopartículas lipídicas en la vacuna del covid-19 para transportar el ARN mensajero
- La importancia de los tensoactivos para disminuir la tensión superficial del agua y poder realizar las antiburbujas
- Demostramos que la cerveza posee tensoactivos en su composición, realizando la antiburbuja sin detergente.
- Realizamos unas antiburbujas con leche y tensoactivos

Química de las antiburbujas para la encapsulación de sustancias

- Nosotros hemos jugado con las antiburbujas variando densidades
- Observamos muy bien el colapso de una antiburbuja cuando usamos pigmento fluorescente y lo irradiamos con luz ultravioleta
- Explicamos porque vemos una antiburbuja ya que el agua y el aire es incoloro
- Calculamos el aparente espesor de la capa de aire de una antiburbuja
- Realizando este experimento ha sido una experiencia extraordinaria

13. EL VÍDEO DEL PROYECTO

En las siguientes direcciones de youtube hay dos vídeos hecho por nosotros/as:

El vídeo completo del proyecto: <https://youtu.be/Azs7E8Qmfzc>

Cómo se hacen las antiburbujas: <https://youtu.be/wdm5drco-kl>

Proyecto STEAM de 2º ESO del IES Torre del Prado en Campanilla (Málaga)

