

Biotecnología y detergentes en la enseñanza de la Química

Biotechnology and detergents in the teaching of Chemistry

Nuria Muñoz Molina^{*1,2} y Claudia Mei Molina Muñoz^{3,4}

¹ Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química

² Colegio La Inmaculada, Algeciras.

³ Universidad de Granada.

⁴ Universidad de Copenhague.

PALABRAS CLAVE:

Enzimas
Tensioactivos
Energía de activación
Catálisis
Sostenibilidad

RESUMEN:

Este artículo propone utilizar el lavado de la ropa como recurso didáctico para introducir conceptos clave de la química y la biotecnología en la enseñanza de la Química en Bachillerato. La biotecnología ha transformado numerosos aspectos de nuestra vida diaria. En este estudio se elige un producto de uso cotidiano, los detergentes para el lavado de ropa, para analizar los componentes químicos de los mismos, la acción catalítica de las enzimas que contienen, su eficacia en la remoción de las manchas y los beneficios medioambientales de su uso. Además, se presentan propuestas didácticas y actividades experimentales sencillas para aplicar en el aula, fomentando la conexión entre ciencia y sostenibilidad, y promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado desde una perspectiva de química verde.

KEYWORDS:

Enzymes
Surfactants
Activation energy
Catalysis
Sustainability

ABSTRACT:

This article proposes using the laundry as a teaching resource to introduce key concepts of chemistry and biotechnology in high school chemistry education. Biotechnology has transformed many aspects of our daily lives. A common household product, the laundry detergent, is chosen in order to analyze the chemical components of detergents, the catalytic action of enzymes, their increased effectiveness in stain removal and the environmental benefits of their use. Additionally, different teaching proposals and hands-on activities for classroom application are presented, fostering the connection between science and sustainability and promoting meaningful and contextualized learning from a green chemistry perspective.

Introducción

"La elaboración del jabón puede parecer un arte humilde, pero es la primera preparación química de la que tenemos registros". (Derek B. Lowe, químico y columnista de Chemistry World de la Royal Society of Chemistry).

La necesidad de lavar la ropa es un hecho que ha acompañado al hombre desde los tiempos más remotos, ya que la suciedad es algo inherente a la actividad humana y al medio que lo rodea.

El origen exacto del jabón es desconocido, probablemente era ya utilizado por los sumerios. Aunque cuenta la leyenda que el primer jabón se descubrió accidentalmente por las mujeres que lavaban la ropa a orillas del río Tíber, a los pies del monte Sapo, por lo que el término saponificación, (*soap*, jabón en inglés) podría venir de este monte romano, donde se sacrificaba e incineraba a los animales. El sebo, la grasa animal y las cenizas eran arrastradas por la lluvia hasta las aguas del río Tíber, formándose una pasta, lo que hacía que la ropa que allí se lavaba quedara más limpia.^[1]

El lavado no siempre fue una tarea fácil como hoy en día conocemos, con numerosos productos que eliminan las

manchas de forma eficiente y sostenible. Uno de los avances más relevantes en este ámbito es la incorporación de la biotecnología en los detergentes enzimáticos, lo que permite introducir de forma integrada conceptos de química orgánica, bioquímica, equilibrio ácido-base, tensioactivos, reacciones enzimáticas y sostenibilidad ambiental.

La enseñanza de la química en la educación preuniversitaria enfrenta el desafío recurrente de conectar los contenidos curriculares con el entorno cotidiano del alumnado. Frente a este reto, la incorporación de temas aplicados y cercanos, como la formulación de detergentes y el proceso de lavado de la ropa, puede convertirse en una herramienta didáctica para generar interés, promover el aprendizaje significativo y desarrollar competencias científicas.

El presente artículo propone abordar el tema de la biotecnología en detergentes como un recurso educativo con alto valor didáctico. A través del análisis de su formulación química y su impacto ambiental, se presentan también propuestas concretas para trabajar estos contenidos en el aula, fomentando la curiosidad científica, el pensamiento crítico y la conciencia ecológica del alumnado.

CÓMO CITAR: N. Muñoz, C. Molina. *An. Quím. RSEQ* 2025, 121, 251-256, https://doi.org/10.62534/rseq.aq.2054

* E-mail: nmunzomolina@lainmaculadaalgeciras.com

El detergente: una formulación química compleja

El jabón tradicional, una sal alcalina (de potasio o sodio generalmente) de un ácido graso de cadena larga, se utilizó para eliminar la suciedad y las manchas en los tejidos hasta la aparición de los primeros detergentes sintéticos a inicios del siglo XX. Las moléculas de jabón son anfipáticas, es decir, constan de dos partes (ver figura 1):

- Una cola apolar (lipófila o hidrófoba) que se dispone hacia las moléculas de grasa, formando micelas y “atrapándolas” y repeliendo el agua.
- Una cabeza polar (hidrófila o lipófila) que se orienta hacia la capa de agua que rodea dichas micelas y que repele las moléculas de grasa.

El encapsulamiento de la grasa en la micela impide que se vuelva a adherir al tejido, formándose una emulsión que se puede separar de la superficie que se está lavando.

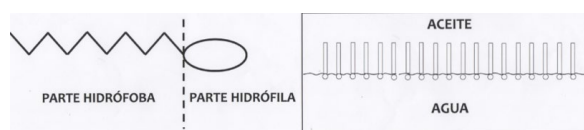


Figura 1. Estructura anfipática de las moléculas de jabón. (Generada con IA).

Sin embargo, los jabones son inefectivos para la limpieza en agua dura ya que esta agua contiene sales de cationes de mayor carga, especialmente magnesio y calcio, y hace que las moléculas de jabón precipiten en forma de sales insolubles y no puedan ejercer su acción.

Estas limitaciones de los jabones dieron impulso a la industria de los detergentes cuyas sales son solubles en agua. Los detergentes modernos son formulaciones químicas complejas que mezclan distintos componentes con una misión específica cada uno. Se llevan a cabo dos procesos: uno físico, la eliminación de las manchas y otro químico, la modificación de las mismas por oxidación o hidrólisis. Contienen una combinación equilibrada de ingredientes diseñados para eliminar distintos tipos de suciedad, mantener la estabilidad del producto, cuidar los tejidos y minimizar el impacto ambiental.

Comprender esta complejidad ofrece al profesorado una excelente oportunidad para trabajar múltiples conceptos de química general.

Un detergente completo puede tener más de 20 componentes, pero los principales son los tensioactivos, los coadyuvantes y otros componentes.

Tensioactivos: núcleos funcionales del detergente

Son los componentes anfipáticos que se encargan de emulsionar las grasas y disminuir la elevada tensión superficial del agua ya que ésta dificulta el proceso de detergencia.^[2]

Existen tres tipos de tensioactivos:

1. Aniónicos. Son moléculas biodegradables principalmente lineales que producen aniones en solución, su presencia es fundamental para eliminar las manchas. El más utilizado es el LAS (sulfonato de alquilbenceno lineal, ver figura 2).
2. No iónicos. Son muy solubles en agua y no producen iones. Los más utilizados son los alcoholes grasos alcoxilados, aunque no siempre están en los detergentes.
3. Jabón, que es una mezcla de sales de ácidos grasos, entre las que se encuentra el oleato de sodio, que a su vez es un tensioactivo aniónico que lava bien y además es económico.

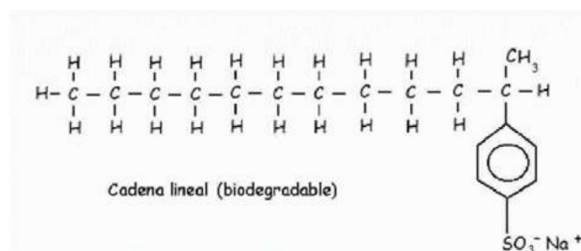


Figura 2. Fórmula del Sulfonato de alquilbenceno lineal.

La suma de tensioactivos aniónicos y jabones combina una alta eficacia con un bajo impacto ambiental. Entre los tipos de tensioactivos la suma o conjunto de aniónicos y jabones (fundamentales) es muy eficaz quitando manchas de grasas con facilidad y son sensibles al agua dura (iones Ca^{2+} y Mg^{2+}). Mientras que los no iónicos son poco sensibles. También existen los tensioactivos catiónicos, pero no se utilizan en los detergentes, sino en los suavizantes. Esto se debe a que, si se mezclaran en una misma solución con tensioactivos aniónicos, ambos perderían su efectividad al neutralizarse entre sí.

Coadyuvantes

Los coadyuvantes son compuestos que se incorporan a las formulaciones de los detergentes para potenciar la acción de los tensioactivos. Ayudan a la detergencia, sobre todo reduciendo la dureza del agua. Es importante ablandar el agua porque, de lo contrario, el LAS y el jabón pueden precipitar, lo que provocaría la eliminación del tensioactivo. Hay varios tipos de coadyuvantes:

- Ablandadores de agua, como las zeolitas o el citrato de sodio, son agentes quelantes que se encargan de disminuir la concentración de iones de calcio y magnesio, responsables de la dureza del agua. Al formar complejos solubles con estos iones, se evita la precipitación de sales insolubles, lo que no solo previene la formación de depósitos de cal, sino que también facilita la acción de los detergentes durante los procesos de limpieza. Estos compuestos permiten introducir conceptos en el aula como la formación de complejos y la solubilidad.^[3]
- Blanqueantes ópticos, que mejoran la apariencia de los tejidos haciéndolos parecer más blancos y brillantes, gracias a su capacidad de absorber la luz ultravioleta y emitir luz azul.^[4] También se añaden blanqueantes químicos, como el perborato de sodio, que a temperaturas superiores a 60°C se descompone produciendo agua oxigenada, el verdadero blanqueante; aunque actualmente se está sustituyendo por el percarbonato de sodio que actúa a menor temperatura. Estos componentes pueden servir como base para tratar temas de espectroscopía y reacciones redox.
- Alcalinizantes, como el silicato sódico, que mantienen el pH del lavado entre 10 y 11, condición que incrementa la solubilidad de grasas y proteínas al modificar su carga superficial, potencia la acción de los tensioactivos presentes en los detergentes y contribuye a la desinfección del material lavado al crear un ambiente desfavorable para la proliferación microbiana. Además es también el compuesto que se ocupa de mantener el tambor de la lavadora brillante. Nos sirve para introducir el tema de reacciones de transferencia de protones.

Otros componentes con funciones diversas

En esta categoría se incluyen muchos componentes, aunque los principales son:

- Agentes de antirredeposición: Evitan que la mancha se re-deposite, actuando como un campo eléctrico que repele a la suciedad. Se utiliza la carboximetilcelulosa.
- Conservantes antimicrobianos para garantizar la estabilidad del producto durante su almacenamiento.
- Fragancias para garantizar el buen olor de la ropa.
- Enzimas que actúan de forma específica sobre los distintos tipos de manchas (como se verá en el siguiente apartado).

Estos aditivos no solo mejoran el rendimiento del producto, sino que también permiten trabajar temas de bioquímica y química orgánica a nivel académico.

Además, hay un elemento natural que influye decisivamente en la eliminación de las manchas; la luz solar, los rayos ultravioletas tienen la propiedad de acabar de eliminar manchas que no fueron completamente eliminadas durante el lavado.

Este análisis de la formulación permite demostrar al alumno que, detrás de un producto cotidiano existe una gran complejidad química. Así, el detergente se convierte en un recurso ideal para enseñar formulación, propiedades de compuestos, interacciones moleculares y principios de sostenibilidad.

Biología en acción: enzimas en detergentes

La primera vez que se fabricó un detergente con enzimas fue en 1913 en Alemania. Sin embargo, su producción a gran escala no fue posible hasta la llegada de la tecnología del ADN recombinante, que a partir de 1988 permitió clonar y expresar genes de enzimas en microorganismos, obteniéndolas en cantidades comerciales para uso en detergentes.

El uso de enzimas en detergentes representa uno de los avances más notables en la aplicación de la biotecnología industrial. Estas biomoléculas, obtenidas a partir de microorganismos modificados y seleccionados, permiten eliminar manchas específicas de forma más eficaz y en condiciones más suaves que los agentes químicos tradicionales. Su introducción ha mejorado el rendimiento del lavado, reducido la necesidad de altas temperaturas y contribuido al desarrollo de detergentes más sostenibles.

Enzimas como catalizadores biológicos.

Las enzimas son proteínas compuestas por aminoácidos que se obtienen a partir de microorganismos, que catalizan y aceleran las reacciones químicas con gran selectividad. Su papel es disminuir la energía de activación necesaria para que se dé la reacción, haciendo que ésta se dé en menor tiempo y con más facilidad (ver figura 3). En el contexto del lavado, actúan sobre compuestos orgánicos presentes en las manchas, transformándolos en productos solubles en agua que pueden ser eliminados fácilmente. Son muy sensibles frente a cambios de temperaturas y pH y aunque su concentración en los detergentes es inferior al 1%, esta cantidad es suficiente ya que se recuperan intactas al final de la reacción química que promueven y su origen biológico las torna biodegradables.

Los tipos de enzimas usados en detergente se recogen en la Tabla 1.

Ventajas del uso de enzimas

Las principales ventajas de utilizar detergentes enzimáticos son:^[4]

- Eficiencia a bajas temperaturas, ya que las enzimas actúan como catalizadores biológicos que aceleran la degradación de grasas, proteínas y almidones incluso en condiciones moderadas de temperatura. Esto permite una limpieza eficaz sin necesidad de calentar el agua, reduciendo así el consumo energético y las emisiones de CO₂.

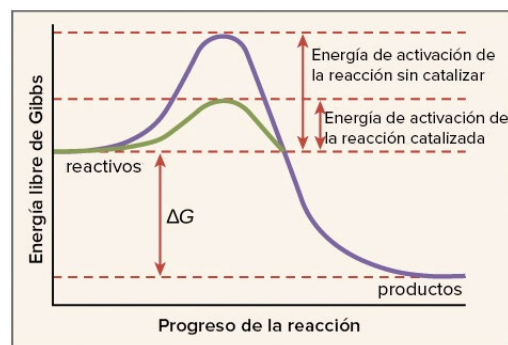


Figura 3. Diagrama de energía libre de Gibbs de una reacción catalizada. Imagen modificada de "Energía potencial, cinética, libre y de activación: Figura 5," por OpenStax College, Biology, CC BY 3.0

Tabla 1. Principales enzimas utilizadas, sustrato sobre el que actúan, tipo de reacción catalizada y eliminación de manchas.[5]

Tipo de enzima	Sustrato	Reacción catalizada	Acción sobre las manchas
Proteasa	Proteína	Hidroliza las proteínas transformándolas en fragmentos más pequeños: péptidos y aminoácidos.	Elimina manchas de huevo, leche, tomate, sangre... y presenta un buen funcionamiento a baja temperatura.
Amilasa	Almidón o glúcidos de cadena larga	Hidroliza los glúcidos en azúcares más simples.	Elimina manchas de almidón, como purés, pastas, papillas o chocolate.
Lipasa	Grasa	Hidroliza las grasas transformándolas en ácidos grasos y glicerol.	Elimina manchas de aceite, sudor, cosméticos...
Celulasa	Celulosa	Hidroliza las uniones glucosídicas de la celulosa.	Actúa sobre el algodón o el lino. Produce beneficios tales como suavidad, blanqueo y cuidado de colores.

lo que representa un beneficio tanto económico como ambiental.

- Menor impacto medioambiental, al ser moléculas de origen biológico que se biodegradan fácilmente.
- Reducción de agentes químicos agresivos, como blanqueantes clorados o alcalinos fuertes.
- Mejora de la formulación final, al actuar de manera complementaria a los tensioactivos.
- Una cantidad muy pequeña de estos inagotables biocatalizadores sustituye grandes cantidades de productos químicos fabricados por el hombre. La enzima no pierde su funcionalidad tras haber actuado sobre una mancha y continúa actuando sobre la siguiente, ya que son catalizadores

Desde el punto de vista educativo, el uso de enzimas en detergentes permite abordar conceptos de catálisis y cinética química, especificidad enzimática y estructura molecular, equilibrio ácido-base, pH óptimo de actividad y desnaturalización proteica.

Propuesta didáctica para el aula

Así a través de ejemplos prácticos y productos reales como el entorno doméstico del alumnado, se puede acercar la bioquímica, la biotecnología industrial y la producción sostenible al aula de forma contextualizada. Para ello, el contexto del lavado de la ropa y la formulación de detergentes ofrece un marco didáctico versátil para trabajar contenidos curriculares de química en bachillerato. Además de facilitar la comprensión de conceptos científicos, permite fomentar el pensamiento crítico y la conciencia ambiental del alumnado.

A continuación, se presentan diversas propuestas para incorporar este tema como diferentes situaciones de aprendizaje, con especial énfasis en metodologías activas.

Análisis de etiquetas: descubriendo la química en el supermercado

Esta es una actividad sencilla y motivadora que puede realizarse en grupos.

Los estudiantes traen a clase envases vacíos de detergentes de uso doméstico. Se analizan los componentes indicados en la etiqueta: tensioactivos, enzimas, conservantes, perfumes, etc. Se investiga la función de cada componente y se elabora una tabla comparativa entre diferentes marcas o tipos (enzimáticos vs. convencionales). La búsqueda de información puede realizarse en libros de texto, páginas web de confianza y material divulgativo recomendado por el docente.

Esta actividad permite trabajar la formulación química, la química del carbono, nomenclatura y clasificación de compuestos.

Identificación de enzimas en detergentes

Se pueden diseñar ensayos de laboratorio para detectar la presencia o la ausencia de enzimas en diferentes muestras de detergentes enzimáticos y convencionales.

- Para identificar la presencia de proteasa se elaborará gelatina neutra, añadiendo una cucharada del detergente que queremos testar (ver figura 4).

Fundamento: La gelatina alimenticia es un derivado del colágeno, que contiene esta proteína en una proporción de 84%-90%. Cuando el colágeno se desnaturaliza por ebullición y se deja enfriar, manteniéndolo en una disolución acuosa forma un coloide y se convierte en una sustancia muy conocida, la gelatina. Es más eficaz usar gelatina incolora ya que las proteasas de los detergentes funcionan en medio alcalino, y las versiones coloreadas de sabores diferentes contienen aditivos acidificantes que pueden llegar a alterar el pH. Si la gelatina no solidifica, la muestra de detergente contiene proteasa, debido a que hidroliza el colágeno que contiene transformándolo en fragmentos más pequeños: péptidos y aminoácidos, impidiendo la formación del coloide.



Figura 4. Identificación de proteasa en detergentes.

Una buena pista que indica la presencia de proteasas en un detergente es si en la etiqueta se desaconseja el uso del producto en tejidos de lana y/o seda.

- Para identificar la presencia de celulasa se introduce un trozo de cáscara marrón de cebolla en distintas disoluciones preparadas para cada tipo de detergente. Si la cáscara de cebolla pierde su color, el detergente contendrá celulasa (ver figura 5).

Fundamento: En un detergente sin enzimas, la cáscara de cebolla se aclara ligeramente debido a la acción de los agentes blanqueadores sobre las capas celulares superficiales. En cambio, cuando se añaden celulastas, estas degradan la pared celular y permiten que los agentes blanqueadores eliminen por completo el color de la cáscara. En la ropa, la acción de la celulasa ayuda a eliminar las 'bolitas', suavizar los tejidos y realzar los colores.

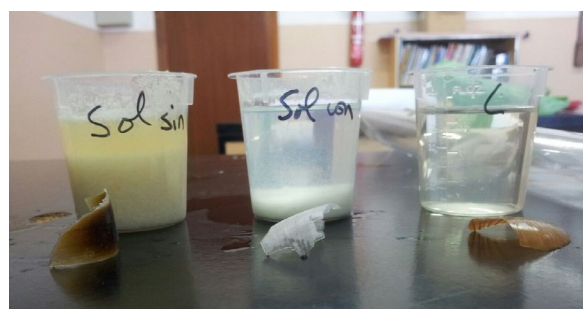


Figura 5. Identificación de celulasa en detergentes.

- Para identificar la amilasa, se prepara un flan y se añade una cucharada del detergente que vamos a analizar. Si el flan no se vuelve consistente, contendrá amilasa (ver figura 6).

Fundamento: El flan contiene almidón, que es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina. Cuando se disuelve el almidón en agua, la estructura cristalina de las moléculas de amilosa y amilopectina se pierde y éstas se hidratan, formando un gel, es decir, se gelatiniza. Si este gel se enfría, las moléculas se reordenan, colocándose las cadenas lineales de forma paralela y formando enlaces de hidrógeno. Cuando ocurre este reordenamiento, el agua retenida es expulsada fuera de la red (proceso conocido como sinéresis), es decir, se separan la fase sólida (cristales de amilosa y de amilopectina) y la fase acuosa. El fenómeno de sinéresis es el que observamos en la elaboración del flan. La muestra de flan que se haya mezclado con un detergente con amilasas permanecerá líquido, porque esta enzima hidroliza el almidón transformándolo en azúcares más simples e impidiendo el fenómeno de sinéresis.

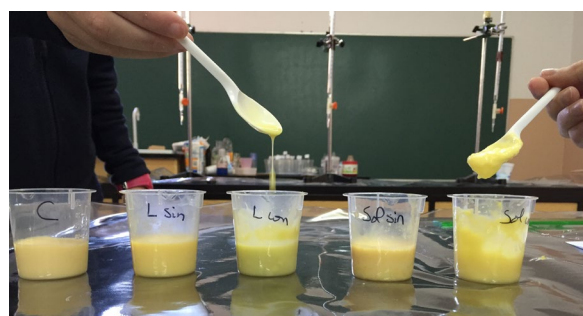


Figura 6. Identificación de amilasa en detergentes. Fuente propia.

- Para identificar la lipasa, se añade una cucharada del detergente a un vaso con nata líquida para cocinar junto con unas gotas de fenoltaleína que adquirirá un color púrpura. Si la mezcla pierde color, el detergente contiene lipasa (ver figura 7).

Fundamento: Algunos detergentes contienen lipasas, una enzima que fragmenta los lípidos transformándolos en ácidos grasos y glicerol. En esta reacción se liberan ácidos grasos que disminuyen el pH del medio. Para ello se añade fenoltaleína, un indicador que es fucsia para valores de pH mayores a 10 e incoloro para valores menores a 8,2. La pérdida de color del producto indica la acidificación del medio por acción de las lipasas, ya que en este caso se detecta la presencia de ácidos grasos que disminuyen el pH.



Figura 7. Identificación de lipasa en detergentes.

Gestión de residuos

Para garantizar que las prácticas sean seguras y responsables: Los restos de las mezclas de alimentos con detergentes deben recogerse en un contenedor para residuos jabonosos y gestionarse como residuos de laboratorio no peligrosos. En el caso de trabajar del residuo generado (nata + detergente + fenoltaleína) se recogerá aparte en un contenedor para disolventes orgánicos y se entregarán al gestor autorizado.

Comparación experimental de detergentes

Para comprobar la eficacia de diferentes detergentes, se puede diseñar una sencilla práctica de laboratorio:

- Aplicar diferentes manchas (grasa, proteína, almidón) sobre retales del mismo tipo de tela, simulando un muestrario textil EMPA © (ver figura 8).
- Lavar con distintos detergentes (con y sin enzimas) a distintas temperaturas para observar su eficacia.



Figura 8. Muestrario de telas con machas después de lavarlas con detergentes con y sin enzimas en frío y en caliente.

Tabla 2. Rúbrica para evaluar la intensidad de la mancha una vez lavado el tejido.

Puntuación	Características de la mancha
5	Control positivo: muestra con la mancha (Mancha sin lavar).
4	Muy visible (La mancha permanece claramente perceptible)
3	Parcialmente visible (La mancha aún se observa, pero ha desaparecido parcialmente)
2	Poco visible (La mancha es tenue y solo perceptible al mirar con atención)
1	Apenas visible (La mancha se detecta muy débilmente, casi desaparecida; apenas perceptible).
0	Control negativo: muestra sin manchar (No se observa ninguna mancha)

- Evaluar el resultado visualmente y con ayuda de una rúbrica (ver tabla 2).
- Relacionar los resultados con la acción específica de las enzimas, la temperatura óptima de trabajo y el concepto de catálisis.

Pensamiento crítico: ¿Qué detergente elegirías?

Se propone al alumnado investigar y responder a preguntas guía como, siguiendo la metodología indicada en la tabla 3:

- ¿Cuál es el detergente más eficaz y sostenible del mercado entre las muestras analizadas?
- ¿Cómo elegirías un detergente si tuvieras alergia, preocupación por el medioambiente o presupuesto limitado?

El alumnado puede organizarse en grupos para:

- Investigar diferentes tipos de detergentes (industriales, ecológicos, enzimáticos).
- Estudiar procesos de fabricación y normativas sobre biodegradabilidad.
- Elaborar una presentación, póster o infografía con argumentos científicos.

Esta propuesta promueve el trabajo interdisciplinar, el pensamiento crítico, y la toma de decisiones basada en evidencias.

Conexión curricular

Los contenidos abordados permiten trabajar elementos del currículo de forma transversal con alumnado de bachillerato.

Saberes básicos como: tipos de sustancias, mezclas y disoluciones, formulación, química orgánica, reacciones de hidrólisis, reacciones ácido-base, reacciones redox, cinética química, catálisis, solubilidad y precipitación.

Competencias clave: competencia en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), competencia digital (CD), competencia personal, social y de aprender a aprender (CP-SAA), conciencia ecológica, trabajo cooperativo y comunicación oral y escrita.

Concretamente estas actividades se llevaron a cabo con alumnado de 1º de Bachillerato, lo que permitió constatar una mejora en la comprensión de los componentes y mecanismos de acción de los detergentes, así como en la aplicación de conceptos de química. Los estudiantes desarrollaron competencias experimentales y de pensamiento crítico al comparar la eficacia

Tabla 3. Metodología de la actividad.

Fase	Acciones del alumnado	Rol del profesor
Organización	Se forman grupos de 3 a 5 estudiantes y eligen el tipo de detergente a investigar (industrial, ecológico, enzimático, etc.).	Explica la dinámica de trabajo, asigna tiempos y sugiere posibles líneas de investigación.
Investigación	Buscan información en internet, etiquetas de productos, libros o normativas sobre biodegradabilidad y sostenibilidad.	Orienta en el uso de fuentes fiables, resuelve dudas conceptuales y propone recursos adicionales.
Análisis crítico	Responden a las preguntas guía, discuten ventajas e inconvenientes y comparan productos.	Plantea contraargumentos, fomenta el debate y guía hacia la toma de decisiones fundamentadas.
Elaboración del producto final	Preparan una presentación, póster o infografía con sus conclusiones y argumentos científicos.	Supervisa el trabajo, asesora sobre el formato de comunicación científica y da retroalimentación.
Puesta en común	Exponen los resultados al resto de la clase y participan en un debate colectivo.	Modera la discusión, asegura la participación equitativa y resume los aprendizajes clave.

y sostenibilidad de distintos detergentes, elaborando conclusiones basadas en evidencias. Además, se observó un aumento en la motivación y en la conciencia medioambiental, lo que refuerza el valor educativo de integrar contenidos científicos con problemáticas de la vida cotidiana.

Estas actividades ofrecen una vía para acercar la química a los intereses y vivencias del alumnado, facilitando una comprensión más profunda y aplicable de los contenidos científicos.

Conclusiones

Uno de los grandes retos de la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI es incorporar la sostenibilidad como eje transversal del currículo. La química, a menudo percibida como una disciplina

contaminante o artificial, tiene un papel crucial en la transición hacia modelos más respetuosos con el medioambiente.

En este sentido, los detergentes enzimáticos constituyen un ejemplo paradigmático de aplicación de los principios de la química verde y una excelente oportunidad para fomentar en el alumnado una visión más crítica y responsable de la ciencia, ilustrando cómo los avances científicos pueden mejorar productos de uso diario y, al mismo tiempo, reducir su impacto ambiental.

Estas aplicaciones reales facilitan la motivación del alumnado, refuerzan la conexión entre teoría y práctica, y promueven actitudes responsables hacia el consumo y el medio ambiente.

Bibliografía

- [1] K. Dudhat, "Exploring Innovations in Soap and Syndet Bar Formulations: A Comprehensive Review", disponible en [https://www.auctoresonline.org/article/exploring-innovations-in-soap-and-syndet-bar-formulations-a-comprehensive-review?](https://www.auctoresonline.org/article/exploring-innovations-in-soap-and-syndet-bar-formulations-a-comprehensive-review?2024) **2024** (consultado: 29/06/2025).
- [2] K.-C. Cheng, Y.-H. Pai, C.-H. Chang, K.-T. Yu & H.-M. Lin, *Heliyon* **2020**, 6(5), <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03861>.
- [3] B. S. Sekhon, M. K. Sangha, *Resonance* **2004**, 9(8), 35-45, <https://doi.org/10.1007/BF02837576>.
- [4] O. Balcers, J. Teteris, *J. Environ. Eng. Landsc. Manage.* **2006**, 14(3), 121-125, <https://doi.org/10.3846/16486897.2006.9636888>.
- [5] "Understanding Enzyme Laundry Detergents: What You Need to Know", disponible en https://www.creative-enzymes.com/resource/understanding-enzyme-laundry-detergents-what-you-need-to-know_177.html, **2021** (consultado: 07/11/2025).

Agradecimientos

Gran parte del contenido teórico de este artículo, previo al apartado de "propuestas didácticas para el aula", está basado en las charlas que impartió D. Alfonso Moreno Dánvila a los alumnos del Colegio La Inmaculada (Algeciras) para el desarrollo de un proyecto de investigación escolar, titulado "Biotecnología en detergentes: y 'Enzima' te manchas" que consiguió, entre otros, el Primer Premio de Ciencia en Acción en 2015 en la modalidad de Demostraciones de Química. D. Alfonso Moreno, al que agradecemos su inestimable contribución, es licenciado en Ciencias Químicas y fue jefe del Departamento Químico de Petresa del grupo Cepsa (San Roque, Cádiz), hasta su jubilación en 2003, habiendo desarrollado la síntesis del tensioactivo Sulfonato de Alquilbenceno Lineal (LAS).



Nuria Muñoz Molina

Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y Química (RSEF y RSEQ). Colegio La Inmaculada, Algeciras

E-mail: nmunozmolina@lainmaculadaalgeciras.com
ORCID: 0009-0007-6246-4504

Profesora de Química y directora del Colegio La Inmaculada, Algeciras. Vocal del GEDH (RSEQ/RSEF). Embajadora de Science on Stage. Organiza y participa en eventos de divulgación científica: Diverciencia, Ciencia en Acción, Open Science Cambre, Jornadas de Divulgadores de Ciencia (DDD), festivales de Science on Stage en Reino Unido, Hungría, Portugal, República Checa, Finlandia. Ponente en congresos nacionales e internacionales: Didáctica de la Física en Noordwijk (Países Bajos); Institute of Physics en Rugby (Inglaterra), Scientix, Iberoamericano de docentes en Algeciras, Jornadas para la Enseñanza de las Ciencias en Lleida y en Zaragoza. Premio a Tareas Educativas y Divulgativas a Profesores de Enseñanzas Preuniversitarias 2025 (RSEQ).



Claudia Mei Molina Muñoz

Universidad de Granada y Universidad de Copenhague

E-mail: claudiameimolina@gmail.com
ORCID: 0009-0005-5222-8183

Graduada en Biotecnología por la Universidad de Granada (UGR). Estudiante de Máster en Inmunología e Inflamación en la Universidad de Copenhague. Alumna interna en el Departamento de Biología Celular de la UGR. Prácticas externas curriculares en el Instituto de Innovación e Investigación Biomédica (INIBICA). Colaboradora en el Proyecto de Innovación Docente en el Departamento Genética de la UGR. Participa en eventos de divulgación científica y obtuvo el Primer Premio y menciones de Honor en Ciencia en Acción, Open Science Cambre, Diverciencia. Voluntaria en la Semana de la Ciencia de la Universidad de Granada y en la Noche Europea de los Investigadores.