

Enseñar química en el nuevo currículum a través del problema sociocientífico sobre el uso de plásticos

Ensenyar química en el nou currículum a través del problema sociocientífic sobre l'ús de plàstics

Teaching chemistry in the new curriculum through the socioscientific issue on the use of plastics

María del Mar López-Fernández, Antonio Joaquín Franco-Mariscal y Ángel Blanco-López / Universidad de Málaga. Didáctica de las Ciencias Experimentales



resumen

Con la actual Ley Orgánica de Educación, surgen nuevos retos al enseñar química en secundaria. La contaminación por plásticos, como controversia sociocientífica, proporciona situaciones de aprendizaje relevantes para la adquisición de conocimientos, de destrezas y de actitudes hacia y sobre la química que permitan al alumnado desenvolverse con criterio en un mundo en continuo desarrollo. Este artículo propone actividades para desarrollar las diferentes competencias específicas, tales como una indagación en torno a la degradación de plásticos, debates sobre la prohibición de plásticos de un solo uso o la creación de audiocuentos como producto final.

palabras clave

Problemas sociocientíficos, plásticos, LOMLOE, competencias específicas.

resum

Amb l'actual Llei Orgànica d'Educació, sorgeixen nous reptes en l'ensenyament de química a secundària. La contaminació per plàstics, com a controvèrsia sociocientífica, proporciona situacions d'aprenentatge rellevants per a l'adquisició de coneixements, de destreses i d'actituds envers i sobre la química que permetin a l'alumnat de sortir-se'n bé i amb criteri en un món en desenvolupament continu. Aquest article proposa activitats per desenvolupar les diferents competències específiques, tals com una indagació entorn de la degradació de plàstics, debats sobre la prohibició de plàstics d'un sol ús o la creació d'audiocontes com a producte final.

paraules clau

Problemes sociocientífics, plàstics, LOMLOE, competències específiques.

abstract

With the current Spanish educational law, new challenges arise when teaching chemistry in secondary school. Socioscientific controversies, such as plastic pollution, provide relevant learning situations to promote the acquisition of knowledge, skills and attitudes towards and about chemistry that allow students to develop with criteria in a world in continuous scientific, technological, economic and social development. This paper proposes activities such as an inquiry about the degradation of plastics, debates on the banning of single-use plastics or the creation of audio stories as a final product, to develop the different specific competences.

keywords

Socioscientific issues, plastics, LOMLOE, specific competences.

Introducción

El curso 2022-2023 se caracteriza por la entrada en vigor de la Ley Orgánica de Modificación de la LOE, LOMLOE (Gobierno de España, 2020), en la que se apuesta por una educación para el desarrollo sostenible, entendiendo que la ciudadanía debe incorporar conocimientos, capacidades, valores y actitudes para tomar decisiones fundamentadas, asumiendo un papel activo, a nivel local y global, para afrontar y resolver problemas. Así, en la etapa de Educación Secundaria se refuerza el aprendizaje competencial, autónomo, significativo y reflexivo.

Esta ley educativa plantea nuevos retos al enseñar química en la educación secundaria porque incorpora las situaciones de aprendizaje como nuevo elemento curricular, entendidas como situaciones o actividades en las que es necesario que los estudiantes desarrollen y desplieguen diferentes competencias (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022). En el caso de Física y Química, el currículo se estructura en seis competencias específicas o desempeños que el alumnado debe poder desarrollar en diferentes actividades o situaciones, para las que se requieren saberes básicos (tabla 1).

El nuevo currículo plantea la necesidad de conectar la enseñanza de la química con situaciones y problemas reales, socialmente relevantes, donde los estudiantes puedan implicarse y tomar partido. Esto se puede llevar a cabo en el aula, entre otros enfoques, mediante el abordaje de controversias o problemas sociocientíficos, que se pueden definir como problemas reales, cercanos, abiertos, complejos y controvertidos, sin respuestas definitivas (España y Prieto, 2010). Muchas de estas cuestiones tienen una componente

Competencia específica	Ideas que contiene
1	· Explicación de fenómenos físico-químicos del entorno para resolver problemas y para mejorar la calidad de vida
2	· Razonamientos propios del pensamiento científico · Destrezas en el uso de las metodologías científicas
3	· Manejo con soltura de reglas y normas básicas de la Física y la Química, particularmente los lenguajes que utilizan · Reconocimiento del carácter universal y transversal del lenguaje científico y la necesidad de una comunicación fiable en investigación y ciencia entre diferentes países y culturas
4	· Utilización de forma crítica, eficiente y segura de plataformas digitales y recursos variados en el trabajo individual y en equipo
5	· Utilización de estrategias propias del trabajo colaborativo · Comprensión de la importancia de la ciencia en la mejora de la sociedad
6	· Comprensión y valoración de la ciencia como construcción colectiva en continuo cambio y evolución

Tabla 1. Ideas que contienen las competencias específicas a desarrollar en las materias de Física y Química en la Educación Secundaria Obligatoria.

ambiental y están directamente relacionadas con cuestiones químicas como el uso de la energía nuclear, la producción de combustibles biodiesel, los problemas de contaminación y degradación ambiental, etc. Las controversias sociocientíficas se han utilizado en la enseñanza de las ciencias para trabajar aspectos como la alfabetización científica, las actitudes hacia la ciencia, el desarrollo del pensamiento crítico o la formación científica de la ciudadanía (Ballesteros y Gallego, 2019).

Los plásticos juegan un papel complejo y controvertido en nuestra sociedad (López-Fernández y Franco-Mariscal, 2021). Constituyen un verdadero problema sociocientífico y tecnológico, ya que involucran una amplia gama de aspectos científicos, sociales, económicos, sanitarios y éticos. La complejidad del problema radica en las múltiples interrelaciones entre estos aspectos.

Desde una perspectiva científica, se trata de materiales poliméricos o macromoléculas formadas por la unión mediante enlaces covalentes de sustancias más simples (Barroso et al., 2008). Sus propiedades de maleabilidad, ligereza, resistencia y producción económica permiten que se produzcan de forma masiva, formando parte de objetos comunes como botellas, envases, etc. (Jaén et al., 2019) diseñados para ser duraderos, versátiles y económicos. Sin embargo, el problema de los plásticos surge al acabar su vida útil. No todos los plásticos son reciclables, los ciudadanos juegan un papel fundamental en la separación de residuos y las cantidades de desechos plásticos son muy abundantes (Arandes et al., 2004).

Si bien es cierto que los plásticos han ayudado a mejorar calidad de vida, salud, saneamiento, transportes y comunicaciones, su alta demanda, producción y

gran durabilidad da como resultado su acumulación en el medio como desechos, especialmente en los océanos (Lusher et al., 2017). Sumado a esto, su fabricación requiere el uso de combustibles fósiles y otros aditivos con potencialidad tóxica para plantas y animales (De Waard et al., 2020).

Los plásticos también tienen un importante impacto social y económico. Su amplia utilización en la industria y en productos de consumo ha generado una dependencia generalizada, lo que, a su vez, ha llevado a la generación de una gran cantidad de residuos plásticos. Esta acumulación de residuos representa un desafío para la gestión de residuos y plantea preguntas sobre cómo reducir, reciclar y reutilizar de manera efectiva los plásticos. En términos de salud, los plásticos también han suscitado preocupación debido a la posible migración de sustancias químicas peligrosas a los alimentos y al agua, lo que plantea interrogantes sobre los efectos a largo plazo en la salud humana (Bollain y Vicente, 2019). Además, desde una perspectiva ética, el impacto ambiental y social negativo de los plásticos plantea cuestiones sobre la responsabilidad individual y colectiva en la adopción de prácticas más sostenibles (Jaén,

Esteve y Banos-González, 2019).

Dada la relevancia y complejidad del problema, el uso de plásticos, se presenta como un contexto idóneo para plantear situaciones de aprendizaje en el aula de secundaria. Este problema nos brinda la oportunidad de promover la adquisición de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes relacionadas con la química, así como las implicaciones sociales, económicas, sanitarias y éticas asociadas con su uso y contaminación, favoreciendo que los estudiantes se desenvuelvan con criterio en una sociedad en transformación.

El objetivo de este trabajo es proporcionar ideas y ejemplos concretos para trabajar con los estudiantes en situaciones de aprendizaje que aborden el tema de los plásticos. Al hacerlo, se busca fomentar la reflexión, la investigación y la participación activa del alumnado, alentándolos a desarrollar un pensamiento crítico y a tomar decisiones informadas sobre el uso responsable de los plásticos en un mundo en constante evolución.

Situación de aprendizaje centrada en el uso de plásticos

En primer lugar, debemos plantearnos qué competencias específicas están implicadas en el

problema de los plásticos. A partir de éstas, debemos construir un conjunto de actividades para trabajar las diferentes competencias específicas. La tabla 2 recoge las actividades propuestas, así como las competencias específicas y saberes básicos a trabajar en cada una de ellas.

A continuación, se describen cinco actividades para esta situación de aprendizaje.

Actividad 1. Inmersión en el problema de los plásticos

La situación de aprendizaje comienza con una actividad de iniciación para introducir el problema. En ella se pide a los estudiantes que visualicen diferentes vídeos de la Unión Europea,¹ que presentan el problema sociocientífico de los plásticos, explicando las consecuencias que tienen para el medioambiente, y algunas cuestiones implicadas en el problema: la vida marina, el medioambiente, la pesca o nuestra salud (fig. 1).

Tras su visionado, los estudiantes deben mencionar los aspectos más relevantes del problema. Las respuestas se anotan en la pizarra para que el grupo clase relacione estas ideas dando como resultado una red que conecte todos los conceptos mencionados. Esto permite disponer de un plantea-

Actividad 1. Inmersión en el problema de los plásticos	Introducción a la situación de aprendizaje	
Actividad 2. El laboratorio de los plásticos	Competencia específica 3	Saber básico A: Destrezas científicas básicas Saber básico B: La materia
Actividad 3. Indagación sobre degradación de plásticos	Competencia específica 2	Saber básico A: Destrezas científicas básicas Saber básico B: La materia Saber básico E: El cambio
Actividad 4. Búsqueda de soluciones a través del debate	Competencia específica 6	Saber básico A: Destrezas científicas básicas Saber básico B: La materia
Actividad 5. Producto final: audiocuento	Producto final. Síntesis de aprendizajes	
	Competencia específica 4	Saber básico A: Destrezas científicas básicas

Tabla 2. Vinculación entre las actividades propuestas, competencias específicas y saberes básicos.

1 Algunos enlaces de interés: https://www.youtube.com/watch?v=t8izaCtDzAM&ab_channel=PlasticsEurope
https://www.youtube.com/watch?v=rHaQj_CxOUQ&ab_channel=EuropeanCommission



Figura 1. Vídeo de introducción al problema de los plásticos.

miento inicial del problema y los factores implicados.

Actividad 2. El laboratorio de los plásticos

El nuevo currículo hace mención expresa a que en la educación secundaria el enfoque de la enseñanza-aprendizaje de la química debe ser experimental y práctico, para que el alumnado pueda hacer conexiones con situaciones cotidianas. La competencia específica 3 refleja esta cuestión mencionando el uso seguro del laboratorio, la interpretación y producción de datos en diferentes formatos (textos, enunciados, tablas, gráficas, esquemas, símbolos, etc.).

En esta actividad se pide al alumnado que traiga de casa objetos comunes fabricados de plástico. A continuación, se les informa de los códigos de identificación de los plásticos, los cuales informan de los tipos y características. En el laboratorio se podrán en común todos los objetos y materiales, con el objetivo de identificar y clasificar los diferentes tipos de plásticos.

También es importante que comprendan la dificultad de reciclaje de algunos plásticos, en particular los policloruros

de vinilo (PVC), que son bastante empleados. En este caso, la dificultad radica en los átomos de cloro presentes en su composición.

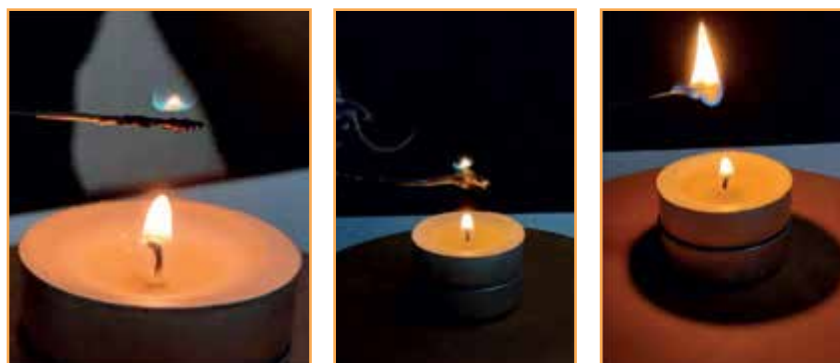
La actividad planteada está relacionada con una experiencia para la identificación de plásticos difíciles de reciclar como el PVC aprovechando que el cloro en su combustión emite una llama verdosa. En primer lugar, es necesario seleccionar un fragmento de plástico de cada tipo, y disponer de un mechero Bunsen y un alambre resistente. Los estudiantes encenderán el mechero y pondrán a calentar un extremo del alambre sin que llegue al rojo vivo. Una vez

calentado, se pasa por un fragmento de plástico hasta que se derrita y la punta del alambre quede impregnada del mismo. De nuevo, se lleva al mechero y se observa el color de la llama. Este procedimiento se realizará con todos los tipos de plásticos hasta detectar cuál emite una llama verde (plástico clorado de difícil reciclaje) (fig. 2). Para esta experiencia es necesaria la utilización de pequeñas cantidades de plásticos, buena ventilación en el laboratorio y el uso de guantes, gafas y mascarillas de protección.

Con la información recopilada en el laboratorio, el grupo clase al completo construye la tabla 3, para comunicar los aprendizajes adquiridos.

Para finalizar la actividad, es importante reflexionar sobre dónde depositar los materiales plásticos empleados, recordando que no todos podrán ir al contenedor de reciclaje amarillo y habrá que buscar un punto limpio donde depositarlos.

Como saberes básicos se abordan la comprobación experimental, entornos y recursos de aprendizaje, como el laboratorio, normas de uso del espacio y protección, producción de la información científica en diferentes formatos, el desarrollo del criterio propio basado en lo que el



Plástico clorado (PVC)
Cable

Plástico clorado (PVC)
Tubería

Plástico no clorado
(PET) Envase

Figura 2. Llamas generadas por la combustión de plásticos clorados y no clorados. Fuente: elaboración propia.

Tipo de plástico	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS
Nombre	Tereftalato de polietileno	Polietileno de alta densidad	Policloruro de vinilo	Polietileno de baja densidad	Polipropileno	Poliestireno
Símbolo						
Objeto usado						
Aplicación	Productos de limpieza, envases, tejidos	Productos de limpieza, cosmética	Cables, tuberías, envases de productos químicos	Bolsas de plástico, juguetes, botellas	CD, envases resistentes, cantimploras	Hueveras, bandejas, plástico de bolas, perchas
Capacidad de ser reciclado	Sí	Sí	Muy escasa	Sí	Sí	Escasa

Tabla 3. Información recopilada y sintetizada por los estudiantes tras la actividad.

pensamiento científico aporta a la mejora de la sociedad, el conocimiento y descripción de propiedades, composición y clasificación de sistemas materiales y la valoración de las aplicaciones de los compuestos químicos.

Actividad 3. Indagación sobre degradación de plásticos

Para dotar a los estudiantes de competencias científicas, es necesario trabajar con metodologías propias de la ciencia como la indagación, reconociendo su importancia para la sociedad (NRC, 2000). La realización de indagaciones sobre la degradación de plásticos al aire libre, en las que los estudiantes lleven a cabo destrezas científicas, como la formulación de hipótesis, la elección de las condiciones a las que someter estos materiales, la realización de observaciones y la toma de datos

periódicas, el análisis de datos, la obtención de conclusiones y la comprobación de las hipótesis iniciales, permite desarrollar la competencia específica 2.

Para ello, se plantea una actividad en la que se exponen a la intemperie diferentes plásticos junto con otros materiales durante un largo periodo de tiempo. Los estudiantes deben elegir los materiales, su tamaño, y el tiempo y lugar de exposición. Una vez decididas estas variables, deberán emitir hipótesis sobre el resultado final de cada uno de ellos y llevar a cabo la indagación. Durante el proceso, deben anotar sus observaciones, recopilar datos del estado de los materiales y analizarlos, diseñar gráficas o estudios comparativos de imágenes (tabla 4). Tras la actividad, deben extraer conclusiones, y ratificar o rechazar las hipótesis de partida.

Con esta actividad, los estudiantes pueden, a través de la experimentación científica mediante la interpretación macroscópica de los cambios físicos y químicos, comprobar la resistencia de los plásticos a la degradación frente a otros materiales como papel o cartón, comprendiendo y explicando las implicaciones de la química con el medio. Sumado a esto, también adquirirán otros saberes básicos relacionados con las propiedades de los sistemas materiales y la metodología de la investigación científica.

Actividad 4. Búsqueda de soluciones a través del debate

Ante el problema que generan los plásticos, se requieren soluciones. Una alternativa es la prohibición de plásticos de un solo uso, recogida en una normativa







Material	Estado inicial	Estado final	Cambios observados
Hoja de libreta			Roturas, pérdidas de fragmentos, manchas, arrugas y dobleces
Cartón fino			Despegue de láminas, humedad, arrugas y dobleces
Plástico bolsa			Arrugas y dobleces

Tabla 4. Cambios observados en diferentes materiales tras 100 días de exposición.

Europea que abre nuevos debates (European Union, 2019). Debatir en el aula sobre esta prohibición promueve que el alumnado desarrolle sus capacidades de argumentación científica y toma de decisiones, y comprendan y valoren la química como una construcción colectiva en continuo cambio, que requiere de una interacción con la sociedad, para obtener resultados que repercutan en el avance tecnológico, económico, ambiental y social (competencia específica 6).

El empleo de actividades en las clases de química que permitan representar estas diversas posturas ante el problema resulta de interés (Solbes et al., 2010). Así, la participación en un debate de

diferentes personajes implicados en esta cuestión, representados por los propios estudiantes, puede enriquecer el entendimiento del problema y la búsqueda de soluciones. Algunos ejemplos de roles podrían ser un personal sanitario que utiliza material quirúrgico de plástico desechable, un trabajador en una fábrica de plásticos de un solo uso, un biólogo marino que investiga residuos plásticos en océanos y sus efectos ambientales, un investigador químico que desarrolla nuevos plásticos biodegradables o un ciudadano afectado por las nuevas prohibiciones. Defender en el debate una postura diferente a la idea inicial del estudiante puede favorecer el desarrollo de

habilidades de pensamiento crítico como la argumentación y la toma de decisiones (López-Fernández et al., 2021). Para una buena consecución de la actividad, el alumnado debe llevar a cabo una búsqueda de información fiable, seleccionando fuentes adecuadas y construyendo con esta información argumentos sólidos.

Esta actividad trata saberes básicos como las estrategias de interpretación y producción de información científica, el desarrollo de criterios propios basados en el pensamiento científico que aporta mejoras a la sociedad para hacerla más justa, equitativa e igualitaria, la valoración del papel de los científicos y científicas en el avance y mejora de la sociedad, la

obtención y propiedades físicas y químicas de los compuestos químicos y las aplicaciones de los sistemas materiales. Todo ello puesto que para buscar soluciones hay que abordar la composición, propiedades y aplicaciones de los distintos plásticos, la degradación que sufren debida a cambios físicos y químicos en el medio, el alcance de la industria química en la sociedad, o la implicación de la química hacia la sostenibilidad.

Actividad 5. Producto final: Audiocuento

Como producto final de esta situación de aprendizaje, se propone que los estudiantes elaboren pequeñas historias en formato de audiocuento con los aprendizajes adquiridos (Lemke, 2006). Mediante la descripción de personajes, la creación de escenas, la propia construcción de la historia, la grabación y edición de la misma, deben reflejar conocimientos, habilidades y destrezas y actitudes hacia y sobre la química alcanzados durante esta situación de aprendizaje. A su vez, esta actividad de síntesis trabaja la competencia específica 4, posibilitando la utilización de forma crítica, eficiente y segura de plataformas y recursos digitales, fomentando la creatividad, mediante la creación de materiales para una comunicación efectiva de los aprendizajes, práctica científica que permite el uso del lenguaje adecuado para la expresión de información en ciencia. Junto con ello, se trabajan saberes básicos como las estrategias de interpretación y producción de información científica, y los entornos virtuales y herramientas tecnológicas como recurso de aprendizaje científico.

La temática debe ser abierta, para que puedan tratarse temas como el proceso de síntesis y fabricación de plásticos, su depósito, el reciclaje y tratamiento de residuos, la degradación de materia-

les, los efectos sobre el ambiente, los seres vivos o la salud de las personas, entre otros. A modo de ejemplo, se muestra una transcripción de un audiocuento realizado por un estudiante de secundaria:

Érase una vez un plástico, [...] si me hubiesen tirado al contenedor amarillo me hubiesen reciclado y me meterían en una nave donde de allí es muy difícil salir [...] me adentré en el mar, pasaron meses y meses y seguía sin degradarme, solo sufriendo algunos dobleces y pequeñas roturas y el sol transformaba un poco mi color. Hasta que un día llegué a una isla gigante llena de muchísimos plásticos. Allí hice un amigo que era pajita, que había tenido el mismo trayecto que yo.

Consideraciones finales

La integración de problemas sociocientíficos en la construcción de situaciones de aprendizaje resulta prometedor en la enseñanza de las ciencias. Las estrategias centradas en las prácticas científicas, como argumentación, indagación y modelización, son valiosas para abordar estos problemas en el contexto de la enseñanza de las ciencias, particularmente en el campo de la química. Estas estrategias no solo promueven un enfoque metodológico sólido, sino que también pueden contribuir a mejorar el medio ambiente (López-Fernández y Franco-Mariscal, 2021). Actividades como las expuestas en este artículo proporcionaron un contexto relevante y significativo para que los estudiantes apliquen sus conocimientos científicos y desarrollen habilidades de pensamiento crítico.

La literatura educativa también ha destacado la aceptación positiva que estas actividades basadas en problemas sociocientíficos tienen entre los estudiantes (López-Fernández et al., 2021). Al abordar cuestiones reales y pertinentes relacionadas con la

química, el alumnado puede interiorizar la relevancia de los conceptos y teorías científicas en su vida cotidiana. Esto les ayuda a construir una comprensión más profunda y significativa de los conceptos químicos, al tiempo que desarrollan habilidades transferibles como el razonamiento lógico, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas.

Concluimos con la idea de que la integración de problemas sociocientíficos en la enseñanza de la química a través de estrategias basadas en prácticas científicas brinda a los estudiantes una experiencia de aprendizaje enriquecedora. Estas actividades fomentan la participación activa, el pensamiento crítico y la comprensión profunda de los saberes relacionados con la química, al tiempo que promueven la conciencia ambiental. Al considerar la relevancia de la química en la resolución de problemas del mundo real, los estudiantes se involucran de manera más significativa en su proceso de aprendizaje y pueden aplicar sus conocimientos científicos para contribuir a un futuro sostenible.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de:

- Proyecto I+D (ProyExcel_00176) "Aplicaciones móviles para la argumentación científica y tecnológica sobre acciones climáticas, medioambientales y eficientes en recursos", financiado por el Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI 2020) en 2021 de la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación de la Junta de Andalucía.

- PIE22-184 del Grupo Permanente de Innovación en Educación Crítica (EDUCRIT) de la Universidad de Málaga.

Referencias bibliográficas

ARANDES, J. M.; BILBAO, J.; LÓPEZ, D. (2004). «Reciclado de residuos

plásticos». *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 5, n.º 1, p. 28-45.

- BALLESTEROS, V.; GALLEGU, A. P. (2019). «La educación en energías renovables desde las controversias sociocientíficas en la educación en ciencias». *Revista Científica*, n.º 35, p. 192-200.
- BARROSO, S.; GIL, J. R.; CAMACHO, A. M. (2008). *Introducción al conocimiento de los materiales y a sus aplicaciones*. UNED.
- BOLLAÍN-PASTOR, C., y VICENTE-AGULLÓ, D. (2019) «Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública». *Revista Española de Salud Pública*, 93: 28 de agosto e201908064.
- DE WAARD, E. F.; PRINS, G. T.; VAN JOOLINGEN, W. R. (2020). «Pre-university students' perceptions about the life cycle of bioplastics and fossil-based plastics». *Chemical Education Research and Practice*, vol. 21, n.º 3, p. 908-921.
- ESPAÑA, E.; PRIETO, T. (2010). «Problemas sociocientíficos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias». *Investigación en la Escuela*, n.º 71, p. 17-24.
- EUROPEAN UNION (2019). Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and the Council, of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. European Union, Brussel.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE, n.º 340 (30 de diciembre de 2020).
- JAÉN, M.; ESTEVE, P.; BANOS, I. (2019). «Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 16, n.º 1, p. 1501.
- LEMKE, J. L. (2006). «Investigar para

el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir». *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, vol. 24, n.º 1, p. 5-12.

- LÓPEZ-FERNÁNDEZ, M. M.; FRANCO-MARISCAL, A. J. (2021). «Indagación sobre la degradación de plásticos con estudiantes de secundaria». *Educación Química*, vol. 32, n.º 2, p. 21-36.
- LÓPEZ-FERNÁNDEZ, M. M.; GONZÁLEZ, F.; FRANCO-MARISCAL, A. J. (2021). «Should We Ban Single-Use Plastics? A Role-Playing Game to Argue and Make Decisions in a Grade-8 School Chemistry Class». *Journal of Chemical Education*, vol. 98, n.º 12, p. 3947-3956.
- LUSHER, A.; HOLLMAN, P.; MENDOZA, J. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety*. FAO.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. BOE, n.º 76 (30 de marzo de 2022).
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. National Academy Press.
- SOLBES, J.; RUIZ, J. J.; FURIÓ, C. (2010). «Debates y argumentación en las clases de física y química». *Alambique*, vol. 63, n.º 1, p. 65-75.



María del Mar López Fernández
Profesora de Didáctica de las ciencias experimentales en la Universidad de

Málaga. Doctora en Didáctica de las ciencias y miembro del Grupo de Investigación ENCIC (HUM-974). Intereses de investigación: desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en cuestiones ambientales sobre plásticos y contaminación. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3572-5899>. C. e.: mmarf@uma.es



Antonio Joaquín Franco Mariscal
Profesor titular de Didáctica de las ciencias experimentales en la Universidad de Málaga. Investigador principal de tres proyectos I+D+i. Miembro del Grupo ENCIC (HUM-974). Intereses de investigación: desarrollo del pensamiento crítico, prácticas científicas y gamificación en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8704-6065>. C. e.: anjoa@uma.es



Ángel Blanco López
Catedrático de Didáctica de las ciencias experimentales en la Universidad de Málaga. Responsable del Grupo de Investigación ENCIC (HUM-974) (www.encic.es). Intereses de investigación: desarrollo de pensamiento crítico y de competencias en problemas de la vida diaria mediante prácticas científicas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3628-0801>. C. e.: ablancol@uma.es