

# Plásticos: revisión bibliográfica en Didáctica de las Ciencias Experimentales (2010-2019)

## Plastics: a literature review in science education (2010-2019)

<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-397-547>

**María del Mar López-Fernández**

<https://orcid.org/0000-0003-3572-5899>

**Francisco González-García**

<https://orcid.org/0000-0001-8127-9792>

*Universidad de Granada*

**Antonio Joaquín Franco-Mariscal**

<https://orcid.org/0000-0002-8704-6065>

*Universidad de Málaga*

### Resumen

Los plásticos forman parte de todo lo que nos rodea por sus excelentes propiedades, pero también suponen un problema ambiental que demanda una respuesta educativa. Este trabajo presenta un estudio exploratorio y descriptivo sobre la investigación didáctica publicada sobre este tema en el contexto nacional e internacional en la última década empleando la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas. El análisis se realizó en una selección de revistas con índices de calidad contrastados en Didáctica de las Ciencias Experimentales (seis españolas y cuatro internacionales). Para cada trabajo se analizó la autoría, su naturaleza como investigación o innovación, los contenidos tratados sobre plásticos, el nivel educativo (infantil, primaria, secundaria o universidad), la metodología empleada (cuantitativa, cualitativa o mixta) y el enfoque de enseñanza (propedéutico o competencial). La revisión muestra que estos trabajos son una minoría en el conjunto de la bibliografía analizada no superando el 3,4% en el ámbito nacional y el 2,3% en el internacional, acaparando investigaciones

educativas el mayor número de trabajos. Respecto a los contenidos abordados predominan la composición y propiedades de los plásticos teniendo poca presencia trabajos relacionados con concienciación ambiental o soluciones al problema, considerados aspectos clave. Se observa también que la autoría de profesorado no universitario es relativamente baja y que la metodología cualitativa es la más usada. Asimismo, predomina la transmisión de contenidos, en lugar del desarrollo competencial. Todo ello sugiere que el problema de los plásticos sigue siendo un desafío para los docentes.

*Palabras clave: plásticos, revisión bibliográfica, investigación educativa, innovación educativa*

### **Abstract**

Although plastics form part of everything that surrounds us due to their excellent properties, they also represent an environmental problem that requires an educational response. This paper presents an exploratory and descriptive study of the educational research published in this field, both nationally and internationally, over the past decade using the PRISMA declaration for systematic reviews. The analysis was performed using a selection of journals with confirmed quality indices in science education (six Spanish and four international). For each study, the authorship, nature (research or innovation), plastics-related content, educational level (infant, primary, secondary or university), methodology used (quantitative, qualitative or mixed) and teaching focus (propedeutic or competence-based) were analysed. The review shows that such studies are in the minority in the literature analysed, not exceeding 3.4% nationally or 2.3% internationally, with educational research accounting for the majority of studies. With regard to the content covered, the composition and properties of plastics predominate, with studies related to environmental awareness or solutions to the problem, which are considered to be key, receiving relatively little attention. It is also seen that the authorship of non-university teachers is relatively low and that qualitative methodologies are used most often. Moreover, the transmission of content rather than competence-based teaching predominates. The above suggests that the problem of plastics remains a challenge in teaching.

*Key words: plastics, literature review, educational research, educational innovation*

## Introducción

A principios del siglo XX tuvo lugar la fabricación del primer plástico sintético, la baquelita. Desde los 60, la gran demanda de una sociedad cada vez más consumista alentó la producción mundial de plásticos, alcanzando los 322 millones de toneladas métricas en 2015 (Lusher, Hollman y Mendoza, 2017). Los plásticos han contribuido a la preservación de la salud, la mejora del transporte, el desarrollo tecnológico o el rendimiento ecológico, incorporándose a nuestra sociedad donde forman parte de casi todo lo que nos rodea, y han reemplazado otros materiales (Lusher et al., 2017). Su éxito reside en que son económicos, livianos y poseen alta resistencia mecánica y térmica (Elías, 2015).

Ligado al frenético consumo está la generación masiva de residuos y su llegada a los océanos (Jaén, Esteve y Banos, 2019), y aquí está el principal problema de los plásticos: su sostenibilidad al estar fabricados para ser duraderos en el tiempo. Se estima que ocho millones de toneladas métricas de plásticos llegan a los océanos anualmente (Smith, Love, Rochman y Neff, 2018). Sus primeros efectos son físicos como atragantamiento, asfixia o desgarre de los organismos marinos (Eriksen, Maximenko y Thiel, 2013). Posteriormente, las fuerzas naturales los fragmentan originando microplásticos (Smith et al., 2018), entran en las cadenas tróficas y se incorporan a la biomasa marina, incluyendo alimentos destinados al consumo humano (Lusher et al., 2017). Además, a medida que se degradan, se lixivian sus aditivos, con capacidad de atravesar las paredes del tracto intestinal (Smith et al., 2018).

Durante la Cumbre Mundial del Océano en 2017, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) propuso eliminar en 2022 los microplásticos y plásticos de un solo uso como principales fuentes de basura marina, a la que le siguió la normativa para la prohibición de plásticos de un solo uso en Europa en 2021 (Koch y Barber, 2019). Recientemente, movimientos de activismo ambiental a nivel mundial (Thunberg, 2019) han contribuido a que en la Cumbre del Clima de 2019 se retomaran medidas para la gestión de residuos, la eliminación de plásticos de un solo uso en países fuera de la Unión Europea (United Nations, 2019) o los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por Naciones Unidas (Gamboa, 2015).

La contaminación por plásticos se ha convertido en un problema ambiental (Torres, 2019) que requiere respuestas desde todos los ámbitos,

incluida la educación. La educación científica tiene como objetivo introducir el activismo social en los estudiantes para que sean ciudadanos científicamente informados, socialmente responsables y capacitados para tomar decisiones razonadas respecto a actuaciones personales y cívicas relacionadas con la ciencia (Skamp, Boyes y Stanistreet, 2013).

Distintos autores demandan de la escuela una respuesta. Para Jaén et al. (2019) los educadores deben implicarse en tareas de concienciación ciudadana que permitan afrontar estos problemas, mientras que para Marcén y Molina (2016) es necesario que el cambio de actitudes y comportamientos de los ciudadanos surja de la escuela. Jaén y Palop (2011) entienden la enseñanza como generadora de inquietudes y capacidades que deben dar respuesta a estos problemas ambientales, así como promover que el alumnado sea capaz de formar su propia opinión y entienda que sus actuaciones, por pequeñas que sean, pueden influir en su entorno.

En definitiva, se trata de un reto educativo urgente para formar a una ciudadanía preparada y activa, que conoce, toma conciencia y medidas ante este problema ambiental. A raíz de ello, debemos preguntarnos si la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (en adelante, DCE) publicada a nivel nacional e internacional está abordando y contribuyendo a mejorar este problema. Resulta pertinente plantearse estas preguntas:

- ¿Qué proporción de la investigación e innovación en DCE de la última década se centra en el problema de los plásticos?
- ¿En qué medida el profesorado de ciencias no universitario participa en publicaciones especializadas en DCE sobre esta temática?
- ¿Existe una colaboración frecuente en estas investigaciones entre profesorado especialista en DCE y profesorado de ciencias no universitario?
- ¿Qué contenidos de los plásticos abordan estos estudios, con qué metodología y enfoque de enseñanza?

## Objetivos

Para responder a las preguntas planteadas se realizó un estudio exploratorio y descriptivo sobre el estado actual de la investigación en DCE sobre plásticos publicada en el contexto nacional e internacional. Se establecieron como objetivos:

- Identificar y describir la investigación e innovación didáctica sobre plásticos publicada en la última década en una selección de revistas científicas españolas e internacionales de DCE.
- Analizar la influencia de dicha investigación en el conjunto de publicaciones consideradas.
- Explorar el grado de participación del profesorado de ciencias no universitario en dichas investigaciones.
- Conocer la proporción de publicaciones realizadas entre profesorado universitario de DCE y no universitario, los contenidos abordados y las metodologías empleadas.
- Valorar críticamente en qué medida la investigación educativa actual nacional e internacional está contribuyendo a dar una respuesta a este problema ambiental.

## Método

Se realizó una revisión bibliográfica en las revistas recogidas en la Tabla 1. Su elección se justifica por tratarse de revistas específicas de DCE. El criterio de selección para las revistas internacionales fue haber ocupado primer o segundo cuartil de JCR y SJR durante varios años de la década analizada. A nivel nacional en DCE, este criterio es muy exigente y no existen revistas con estos requisitos, por lo que se seleccionaron aquéllas que mejor reflejaban el estado de la cuestión en DCE, con influencia importante en el ámbito iberoamericano y que habían sido utilizadas en otros estudios de revisión (Manchón y García-Carmona, 2018). Muchas de estas revistas nacionales tienen el sello de calidad de FECYT y están indexadas en JCR, SJR, ESCI WOS o Latindex.

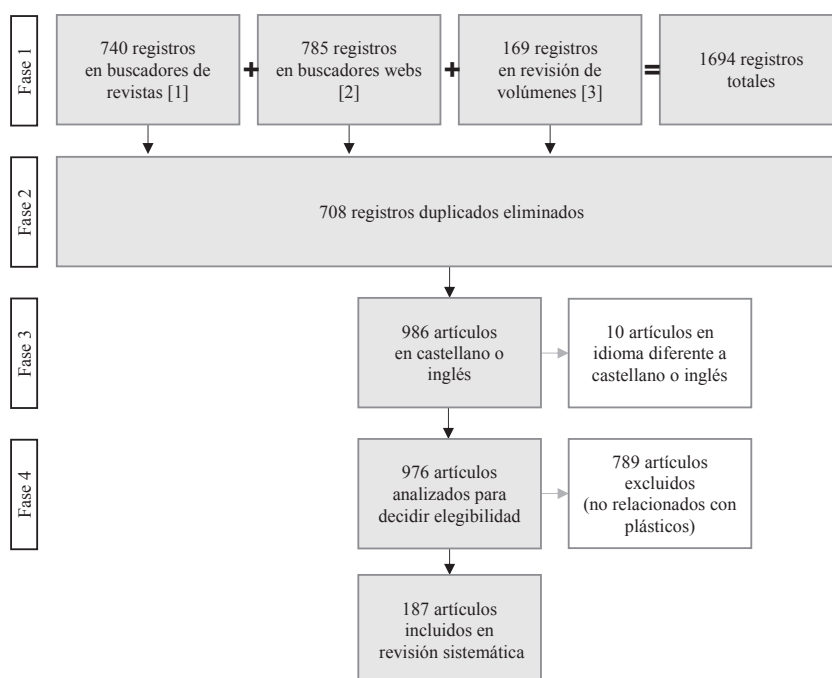
TABLA I. Revistas seleccionadas e indicadores de calidad científica (mejor posición en la década)

Revista	JCR-SSCI Cuartil (factor impacto)	SJR	Sello calidad FECYT	Latindex Caracte- rísticas cumplidas	IN- RECS- Educa- ción
Nacionales					
Enseñanza de las Ciencias (EC)	Q3 (1,183)	Q2 (0,52)	Sí	34	Q1
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (REEDC)	ESCI WOS	Q2 (0,48)	Sí	35	Q1
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)	-	-	No	26	Q1
Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales (ALB)	-	-	Sí	32	Q1
Investigación en la Escuela (IE)	-	-	No	30	Q1
Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales (DCES)	ESCI WOS	-	No	32	Q1
Internacionales					
Science Education (SE)	Q1 (3,50)	Q1 (5,31)			
Chemistry Education Research and Practice (CERP)	Q1 (2,09)	Q1 (1,03)			
International Journal of Science Education (IJSE)	Q1 (1,51)	Q1 (1,94)			
Journal of Chemical Education (JCE)	Q2 (1,75)	Q2 (0,47)			

La revisión se realizó entre 2010 y 2019, ambos incluidos, período que puede dar una visión actual de la investigación en DCE. Se atendieron las fases propuestas por la declaración PRISMA (Urrútica y Bonfill, 2010) para revisiones sistemáticas de publicaciones (GRÁFICO 1). En la fase 1 tuvo lugar la búsqueda de artículos que incluyeran *plásticos/plastics* en el título, resumen, palabras clave o texto del manuscrito. Se utilizaron los buscadores de las revistas [1] y para aquellas que no disponían o no mostraban el total de resultados se utilizaron como buscadores Google Académico o bases de datos universitarias [2], siempre empleando operadores booleanos. Para asegurar que la búsqueda había sido completa, se revisaron las versiones electrónicas de todas las publicaciones [3]. En la fase 2 se eliminaron publicaciones duplicadas

y en la fase 3 se descartaron artículos en idiomas diferente a castellano o inglés. Los parámetros de elegibilidad de artículos se decidieron en la fase 4 centrándose en la premisa que debían tratar algún aspecto relacionado con plásticos.

GRÁFICO I. Revisión bibliográfica según declaración PRISMA (Urrútica y Bonfill, 2010)



Para los artículos seleccionados se determinó su frecuencia por revistas y el porcentaje correspondiente al total de trabajos publicados en la misma.

Tras una lectura de los trabajos, la primera autora realizó para cada artículo una propuesta de categorización para estos aspectos:

- **Autoría del trabajo.** Se analizó número de autores, su nivel educativo, aportaciones por autor y mestizaje de los mismos.
- **Naturaleza del trabajo:** Se categorizaron como investigación educativa, innovación educativa u otros, atendiendo a la sección de la revista en la que estaba publicado, y si no estaba disponible, a las características del estudio presentado.
- **Contenidos tratados.** Se emplearon las categorías encontradas en un estudio previo con estudiantes de secundaria (López-Fernández, González y Franco-Mariscal, 2021) que demandaba que les gustaría aprender sobre plásticos (Tabla II).

**TABLA II.** Categorías para analizar contenidos sobre plásticos

<b>Categoría</b>	<b>Contenido</b>
Composición y propiedades de plásticos	Síntesis, fabricación, origen, degradación y propiedades físico-químicas de plásticos.
Contaminación de plásticos en el ambiente	Aspectos ambientales debidos a la contaminación de plásticos, destino final, consecuencias, biodiversidad, etc.
Solución al problema	Posibles soluciones, recogida de plásticos, reciclaje, etc.
Concienciación ambiental	Intención de producir cambios de actitudes o comportamientos respecto a plásticos

- **Nivel educativo.** Las categorías fueron educación infantil, primaria, secundaria, universitaria o no se menciona.
- **Metodologías empleadas.** Debido a que un número importante de innovaciones educativas no seguían la estructura de una investigación, para los trabajos de investigación educativa se analizó su tipología cuantitativa/cualitativa/mixta, tipo de estudio e instrumentos empleados.
- **Enfoques de enseñanza.** Se atendió al enfoque de educación científica propedéutica o competencial.

A partir de dicha propuesta, los otros dos autores hicieron su valoración, indicando sus coincidencias, dudas o desacuerdos. Los trabajos donde no hubo coincidencias se sometieron a discusión hasta alcanzar consenso.

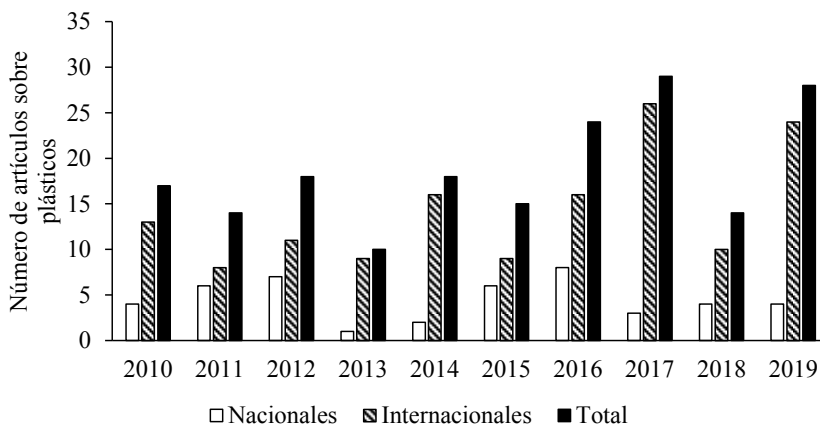


## Resultados

### Publicaciones sobre plásticos en la última década

Respecto al total de artículos publicados sobre plásticos entre 2010 y 2019 (187) se observa una clara diferencia entre el contexto nacional (45 trabajos) e internacional (142). El GRÁFICO II ilustra la distribución por años.

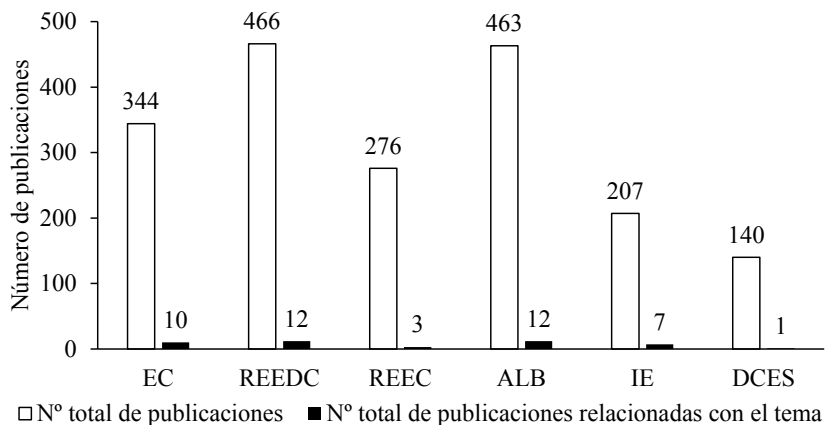
GRÁFICO II. Distribución temporal del número de publicaciones sobre plásticos (2010-2019)



En ambos contextos no se observa una tendencia clara en la evolución del número de trabajos siendo 2017 y 2019 los años de mayor producción internacional, patrón no observado en las revistas nacionales con máximo en 2016.

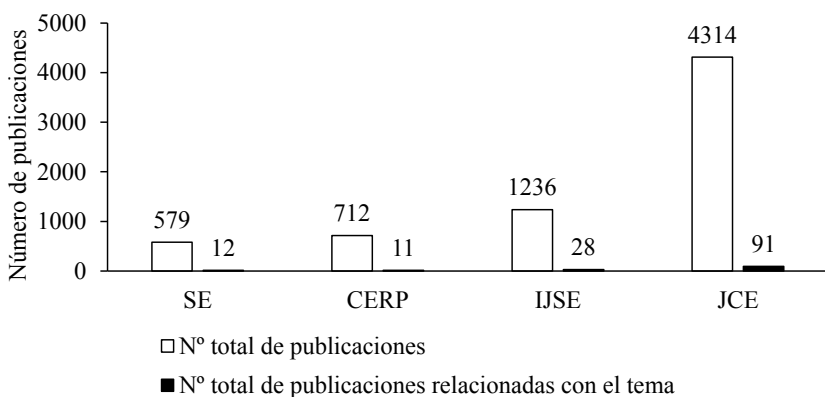
Para valorar si este número de publicaciones es bajo o alto, se comparó con el volumen total de trabajos publicados en cada revista. El estudio nacional (GRÁFICO III) muestra que *REEDC* y *ALB* son las que más artículos publicaron, encontrándose en el otro extremo *DCES* con un único trabajo.

**GRÁFICO III.** Artículos publicados en cada revista nacional (2010-2019)



A nivel internacional (GRÁFICO IV), prácticamente todas las revistas seleccionadas publicaron como mínimo el número máximo de artículos (12) recogidos en revistas españolas. La mayor producción de trabajos sobre plásticos (91) está presente en una revista de educación química (*JCE*), seguida muy de lejos por *IJSE* (28).

**GRÁFICO IV.** Artículos publicados en cada revista internacional (2010-2019)



El porcentaje de artículos revisados respecto al total (Tabla III) revela que todas las revistas analizadas, independientemente de su contexto, se encuentran en un rango entre 0,7 y 3,4%.

TABLA III. Publicaciones sobre plásticos respecto al total de revista

Revistas	Título	Frecuencia	Porcentaje
Nacionales (N=45)	EC	10	2,9
	REEDC	12	2,6
	REEC	3	1,1
	ALB	12	2,6
	IE	7	3,4
	DCES	1	0,7
Internacionales (N=142)	SE	12	2,1
	CERP	11	1,5
	IJSE	28	2,3
	JCE	91	2,1

Las revistas con mayor porcentaje de artículos publicados sobre plásticos son *IE* a nivel nacional (3,4% de sus trabajos) e *IJSE* con un 2,3% en el ámbito internacional. Asimismo, destaca que las revistas españolas salvo *REEC* y *DCES* realizaron en la última década una mayor contribución a la temática que las revistas internacionales.

## Autoría de publicaciones

La Tabla IV recoge diversos aspectos relacionados con la autoría.

TABLA IV. Características de autores

		Revistas nacionales (N=45)		Revistas internacionales (N=142)		Total (N=187)	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Autores	Uno	11	24,4	25	17,6	36	19,3
	Dos o tres	30	66,7	62	43,7	92	49,2
	Más de tres	4	8,9	55	38,7	59	31,6
Nivel educativo del profesor	Primaria	3	3,0	2	0,4	5	0,8
	Secundaria	21	20,8	23	4,7	44	7,4
	Universitario DCE	40	39,6	59	12,0	99	16,7
	Universitario otras especialidades	33	32,7	388	79,0	421	70,9
	Otros (centros de investigación, centros sanitarios, fundaciones)	4	4,0	21	4,3	25	4,2
Aportaciones	Un artículo	76	87,4	443	95,3	518	94,0
	Dos o tres	11	12,6	21	4,5	32	5,8
	Más de tres	0	0,0	1	0,2	1	0,2
Mestizaje	Un autor*	11	24,4	26	18,3	37	19,8
	Mismo nivel educativo	23	51,1	86	60,6	109	58,3
	Diferente nivel educativo	11	24,4	30	21,1	41	21,9

\* Artículo firmado por un único investigador, no se tiene en cuenta en mestizaje

Tanto en el contexto nacional como internacional predominan publicaciones con dos o tres autores (49,2%). Publicaciones con un solo firmante son minoritarias en revistas internacionales (17,6%) pero no en nuestro país (24,4%). A nivel internacional resaltan trabajos con más de tres autores (38,7%).

La mayoría de los autores son profesores de universidad (87,6%) y suelen ser de áreas distintas a DCE (70,9%), por lo que el tratamiento didáctico dado al problema podría alejarse de enfoques de esta área. Afortunadamente, el contexto español constituye una excepción al compartir autoría profesores universitarios de DCE (39,6%) con otras especialidades (32,7%).

La participación de profesorado de secundaria es baja (7,4%) a pesar de que sus aportaciones resultan esenciales. No obstante, se aprecia una diferencia importante entre revistas nacionales (20,8%) e internacionales (4,7%), lo que revela la implicación del profesorado español de secundaria.

Por otra parte, el 94% de los autores firma un único trabajo y aquellos que aparecen en más de dos publicaciones son prácticamente inexistentes. En cuanto al mestizaje de autores destaca la colaboración entre autores del mismo nivel educativo (58,3%), mayoritariamente universitario. No se percibe una colaboración importante entre profesorado universitario y de niveles educativos inferiores (21,9%).

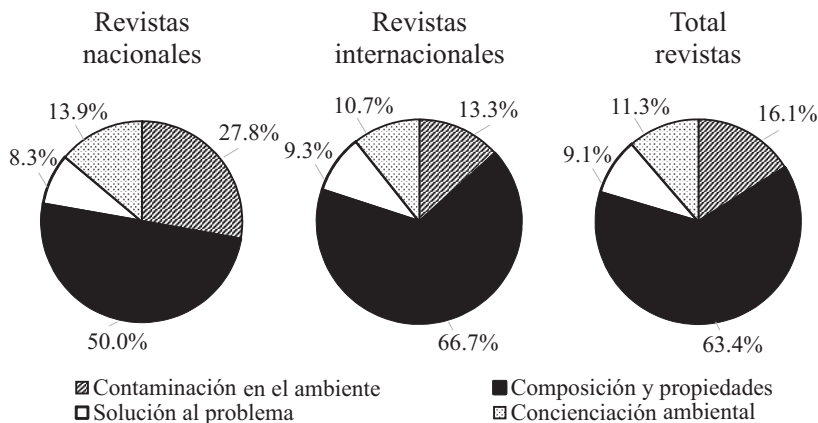
## Naturaleza de los trabajos

La naturaleza de los trabajos presenta un patrón muy similar a nivel nacional e internacional. Las investigaciones educativas acaparan el mayor porcentaje de trabajos (55,5%, nacional; 54,2%, internacional), seguidas de innovaciones educativas (31,1%, nacional; 32,4% internacional) y otros trabajos (reseña, revisión de la literatura o ensayos) (13,3% nacional; 13,4% internacional).

## Contenidos tratados

El GRÁFICO V muestra los porcentajes para cada categoría de contenidos (Tabla 2) abordadas en los trabajos. La distribución de temáticas nacional es similar a la internacional, siendo la categoría que copa más trabajos con diferencia, *Composición y propiedades de los plásticos* (63,4%). Esta categoría es algo más notoria a nivel internacional (66,7%) que nacional (50%). Destaca la poca presencia de trabajos relacionados con *Concienciación ambiental* (entre 10,7 y 13,9%) y *Soluciones al problema* (entre 8,3 y 9,3%).

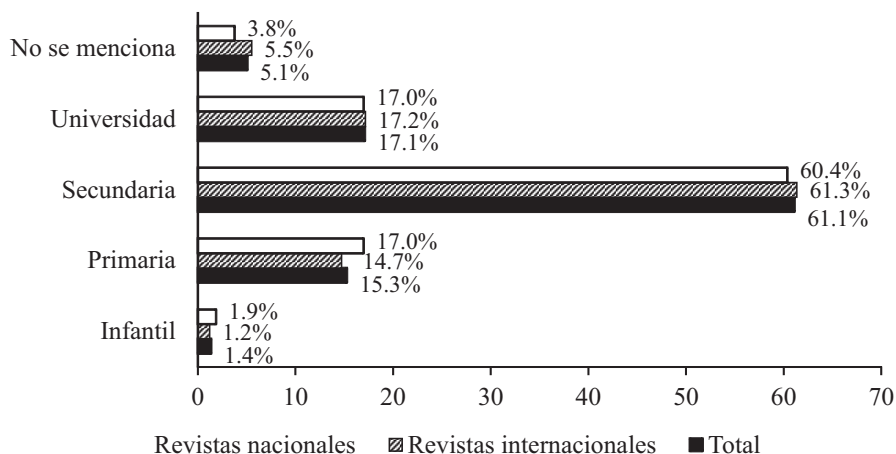
**GRÁFICO V.** Porcentajes de publicaciones según contenidos



### Nivel educativo

El análisis reveló que el 61,1% de las publicaciones se centra en la etapa de secundaria, seguida de la universitaria (17,1%) (GRÁFICO VI). En ésta última se observan dos tipos de estudios, por una parte, con profesores en formación inicial (estudiantes de Grados de Maestro en Educación Primaria o del Máster en Profesorado de Educación Secundaria), y por otra, con futuros profesionales donde los plásticos juegan un papel importante (estudiantes de Grado en Ciencias Ambientales, ingenierías, etc.) Resalta la poca presencia de trabajos con menores de 12 años.

GRÁFICO VI. Porcentaje de artículos según la etapa educativa



## Metodologías empleadas

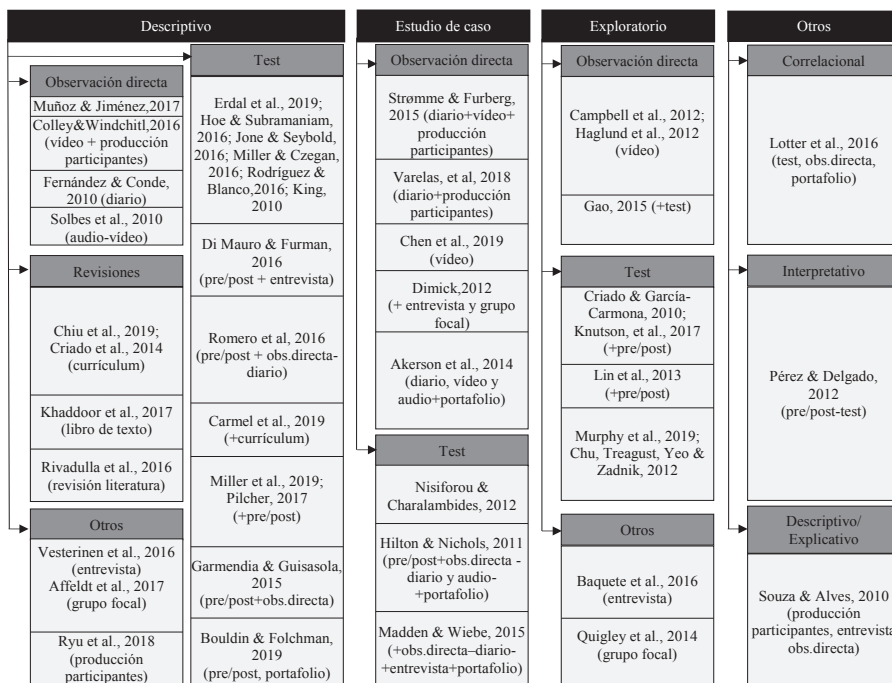
La tipología de investigación predominante en trabajos de investigación educativa nacionales es cualitativa (60%) frente a cuantitativa (24%) o mixta (16%). A diferencia, en el marco internacional existe un mayor equilibrio en el uso de metodologías cualitativas (39%), cuantitativas (31,2%) o mixtas (29,8%) (GRÁFICOS VII, VIII y IX).

Los estudios más frecuentes son descriptivos (52,8%), seguidos por exploratorios (25,9%), estudios de caso (13%) y correlacional (4,6%). Otros estudios minoritarios son explicativos (2,8%) e interpretativos (0,9%).

El instrumento más utilizado es el test de conocimientos en todas sus modalidades (54%; (preguntas abiertas, cerradas, mixto, exámenes, etc.), de los cuales el 18,1% son pre-/post-test. Aunque de forma habitual el test se utiliza combinado con otros instrumentos (71,2%), se encontró como único instrumento en el 23,8% de los casos y en el 33,3% combinado con otros. El segundo instrumento más empleado es la observación directa (20%) que incluye diario de observación (27,9% de este instrumento), registros en audio y/o vídeo (18%) u otros. En porcentajes inferiores al

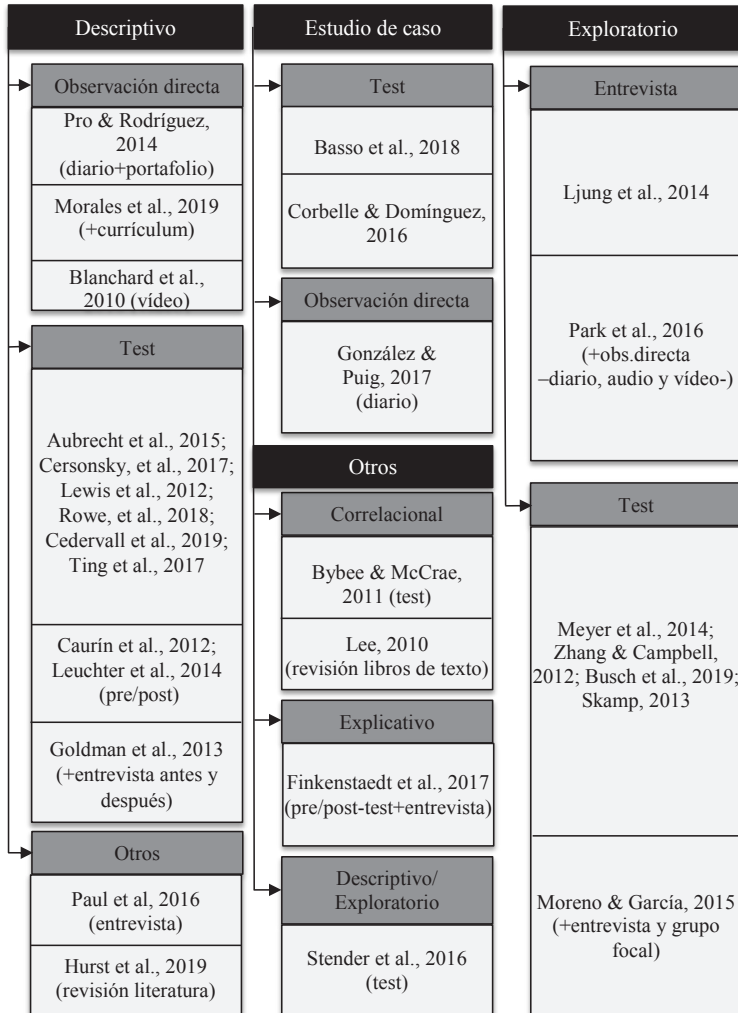
11% se encuentran entrevista, producciones de participantes, portafolios, grupos focales o currículums educativos y libros de texto.

GRÁFICO VII. Metodología en investigaciones cualitativas

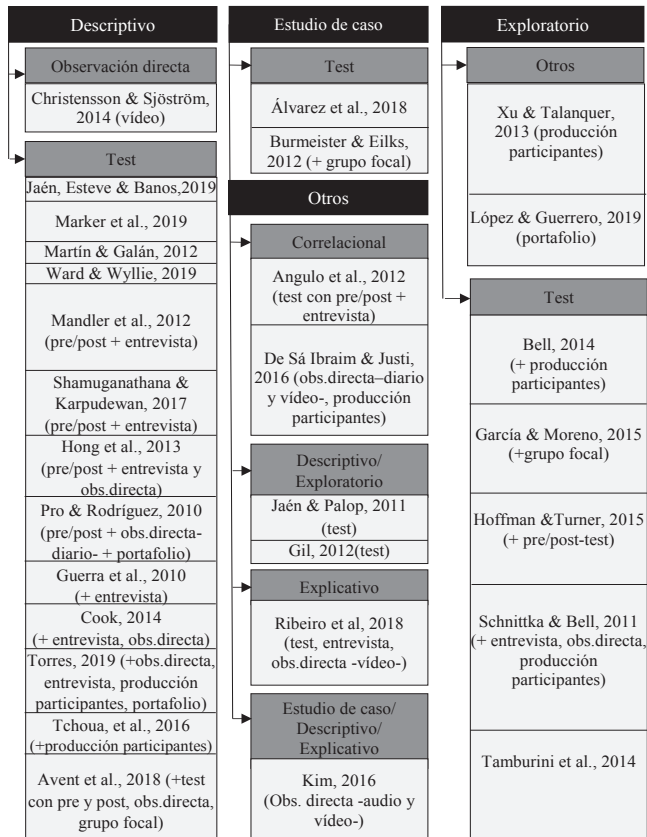




**GRÁFICO VIII.** Metodología en investigaciones cuantitativas



**GRÁFICO IX. Metodología en investigaciones mixtas**



**Enfoques de enseñanza**

Se detectan dos enfoques de enseñanza. El enfoque predominante (64,7%) es propedéutico, centrado en el aprendizaje de conocimientos y procesos científicos, sin tener en cuenta los intereses del alumnado y de la sociedad (Furió et al., 2001), mientras que el minoritario (35,3%)

apuesta por una enseñanza competencial basada en el desarrollo de habilidades mediante la aplicación de conocimientos.

Las innovaciones se centran en experiencias que ponen el foco en el aprendizaje de algunas propiedades de los plásticos (80,9%), siendo la conductividad térmica o eléctrica las más comunes. Otra cuestión recurrente son los polímeros, entendidos como compuestos químicos esenciales de los plásticos. Otras propuestas minoritarias abordan la contaminación de plásticos y su impacto ambiental (6,3%).

## Conclusiones

A pesar de la importancia de los plásticos y su contaminación, los resultados encontrados no parecen sugerir, al menos, en cuanto al número de investigaciones publicadas, una escuela generadora de sensibilización y concienciación ambiental que permita a los ciudadanos dar respuestas eficaces y resolver problemas ambientales. Una primera evidencia es el escaso porcentaje de publicaciones sobre plásticos en DCE en la última década, algo más avanzado en el panorama nacional (3,4%) que internacional (2,3%). Estos datos están en la línea de otras revisiones (Fernández, 2008) que concluyen la escasez de investigaciones sobre educación ambiental o contaminación. Otro aspecto preocupante es la evolución del número de publicaciones en los últimos años. Así, mientras a nivel internacional parece apreciarse un repunte causado por acciones de activismo (Koch y Barber, 2019), en nuestro país se observa un estancamiento.

El hecho de que el 79,2% de los trabajos estén firmados por profesores universitarios probablemente sea debido a que las revistas de alto impacto, como las elegidas, están enfocadas a la publicación en el ámbito académico. Asimismo, no se percibe colaboración efectiva entre investigadores universitarios y de otros niveles educativos, como educación secundaria, donde se realizan un buen número de investigaciones, al menos, en nuestro país (18,8%). Esta colaboración entre autores supondría grandes ventajas para mejorar el problema desde la realidad escolar ya que estos docentes tienen contacto directo y repercusión sobre el alumnado, y deben ser ellos los que se impliquen en tareas de concienciación ciudadana (Jaén et al., 2019). Se subraya la escasez de trabajos en etapas anteriores a secundaria, tan necesarias para

contribuir a la educación ambiental desde edades tempranas (Corraliza y Collado, 2019).

La composición y propiedades de los plásticos se presentan como contenidos mayoritarios, mostrando la importancia que tienen para nuestras vidas, y vislumbrándose una escasez de prácticas sobre contaminación, concienciación ambiental y planteamiento de soluciones. Se echan en falta estudios sobre la relación directa entre contaminación por plásticos y salud (Cersonsky et al., 2017; Miller y Czegán, 2016), lo que hace pensar que esta perspectiva del problema prácticamente se está ignorando, cuando cada vez son más los estudios que muestran las consecuencias de los plásticos sobre nuestro organismo (Smith et al., 2018).

La mayor parte de los contenidos están centrados en un conocimiento propedéutico, enfoque mayoritario en la práctica docente habitual del profesorado de ciencias en ejercicio (Furió et al., 2001). Este enfoque no se ajusta al aprendizaje contextualizado y competencial, esencial para el desarrollo de la alfabetización científica (Pedrinaci et al., 2012). Como indican Corraliza y Collado (2019) no es suficiente con la difusión de información y conocimientos, es necesario promover experiencias significativas. Desde nuestro punto de vista, la enseñanza-aprendizaje de los plásticos debería orientarse a resolver un problema socio-científico a través de prácticas científicas que permitan conocer todas sus perspectivas, repercusiones ambientales y medidas a adoptar. Todo ello, permitiría desarrollar habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes.

Del mismo modo, la mejora en algunos aspectos metodológicos podría contribuir a avanzar en la enseñanza-aprendizaje de los plásticos. Así, el uso de metodologías cuantitativas y mixtas, menos empleadas en el marco español respecto al internacional, y el uso de diversidad de instrumentos de naturaleza más competencial podrían contribuir a este fin.

Este trabajo no está exento de limitaciones. Una de ellas es que se ha intentado acotar los estudios al contexto nacional o internacional, aspecto complejo, puesto que las revistas nacionales también cuentan con autores extranjeros, muchos del ámbito iberoamericano, y, por otra parte, porque autores españoles publican en revistas internacionales. Otra limitación importante es que la mayor parte de las propuestas que se realizan en la escuela no se publican, por lo que pensar que el contenido de los trabajos publicados refleja lo que realmente sucede en

las aulas es arriesgado, aunque puede dar una primera visión del tema.

Pese a que la realidad de la investigación educativa sobre plásticos presente numerosos aspectos susceptibles de mejora, en los últimos años comienza a abrirse camino la cuestión de la contaminación por plásticos, aunque la enseñanza de estos temas sigue siendo un desafío para el profesorado. Por los motivos aquí expuestos, creemos necesario que se continúe trabajando sobre esta cuestión, desde centros de investigación y educativos en todos los niveles.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto de I+D+i del Plan Nacional del Gobierno de España, referencia PID2019-105765GA-I00, titulado «*Ciudadanos con pensamiento crítico: Un desafío para el profesorado en la enseñanza de las ciencias*», financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación en 2019.

## Referencias bibliográficas

- Affeldt, F., Tolppanen, S., Aksela, M., & Eilks, I. (2017). The potential of the non-formal educational sector for supporting chemistry learning sustainability education for all students a joint perspective from two cases in Finland and Germany. *Chemistry Education Research & Practice*, 18(1), 13-25.
- Akerson, V., Nargund, V., Weiland, I., Pongsanon, K., & Avsar, B. (2014). What third-grade students of differing ability levels learn about nature of science after a year of instruction. *International Journal of Science Education*, 36(2), 244-276.
- Álvarez, O., Sureda, J., y Comas, R. (2018). Evaluación de las competencias ambientales del profesorado de primaria en formación inicial: estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 117-141.
- Angulo, F., Zapata, L., Soto, C.A., Quintero, S., Ceballos, A.F., Cardona, F.,... & Delgado, E. (2012). ¿Contribuyen los talleres en el Museo de

- Ciencias a fomentar actitudes hacia la conservación del ambiente? *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 53-70.
- Aubrecht, K.B., Padwa, L., Shen, X., & Bazargan, G. (2015). Development and implementation of a series of laboratory field trips for advanced high school students to connect chemistry to sustainability. *Journal of Chemical Education*, 92(4), 631-637.
- Avent, C.M., Boyce, A.S., LaBennett, R., & Taylor, D.K. (2018). Increasing Chemistry Content Engagement by Implementing Polymer Infusion into Gatekeeper Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 95(12), 2164-2171.
- Baquete, A.M., Grayson, D., & Mutimucuo, I.V. (2016). An exploration of Indigenous knowledge related to physics concepts held by senior citizens in Chókwé, Mozambique. *International Journal of Science Education*, 38(1), 1-16.
- Basso, A., Chiorri, C., Bracco, F., Carnasciali, M.M., Alloisio, M., & Grotti, M. (2018). Improving the interest of high-school students toward chemistry by crime scene investigation. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 558-566.
- Bell, P. (2014). Design of a food chemistry-themed course for nonscience majors. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1631-1636.
- Blanchard, M.R., Southerland, S.A., Osborne, J.W., Sampson, V.D., Annetta, L.A., & Granger, E.M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), 577-616.
- Bouldin, R.M., & Folchman, Z. (2019). Chemistry of Sustainable Products:Filling the Business Void in Green-Chemistry Curricula. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 647-651.
- Burmeister, M., & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to education for sustainable development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93-102.
- Busch, K.C., Ardoin, N., Gruehn, D., & Stevenson, K. (2019). Exploring a theoretical model of climate change action for youth. *International Journal of Science Education*, 41(17), 2389-2409.
- Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7-26.

- Campbell, T., Oh, P.S., & Neilson, D. (2012). Discursive modes and their pedagogical functions in model-based inquiry (MBI) classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(15), 2393-2419.
- Carmel, J.H., Herrington, D.G., Posey, L.A., Ward, J.S., Pollock, A.M., & Cooper, M.M. (2019). Helping students to “do science”: Characterizing scientific practices in general chemistry laboratory curricula. *Journal of Chemical Education*, 96(3), 423-434.
- Caurín, A., Morales, A.J., & Solaz, J.J. (2012). ¿Es posible un cambio de actitudes hacia un modelo de desarrollo sostenible? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26, 229-245.
- Cedervall, T., Ekvall, M.T., Mattsson, K., & Lundqvist, M. (2019). Workshop on Environmental Nanosafety: Biological Interactions of Plastic Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 96(9), 1967-1970.
- Cersonsky, R.K., Foster, L.L., Ahn, T., Hall, R.J., Van Der Laan, H.L., & Scott, T.F. (2017). Augmenting primary and secondary education with polymer science and engineering. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1639-1646.
- Chen, Y.C., Benus, M.J., & Hernández, J. (2019). Managing uncertainty in scientific argumentation. *Science Education*, 103(5), 1235-1276.
- Chiu, M.H., Mamlok, R., & Apotheker, J. (2019). Identifying systems thinking components in the school science curricular standards of four countries. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2814-2824.
- Christensson, C., & Sjöström, J. (2014). Chemistry in context: analysis of thematic chemistry videos available online. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 59-69.
- Chu, H.E., Treagust, D.F., Yeo, S., & Zadnik, M. (2012). Evaluation of students' understanding of thermal concepts in everyday contexts. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1509-1534.
- Colley, C., & Windschitl, M. (2016). Rigor in elementary science students' discourse: The role of responsiveness and supportive conditions for talk. *Science Education*, 100(6), 1009-1038.
- Cook, D.H. (2014). Conflicts in chemistry: The case of plastics. A role-playing game for high school chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1580-1586.

- Corbelle, J., & Domínguez, J.M. (2016). Estado de la cuestión sobre el aprendizaje y la enseñanza de la radiactividad en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 137-158.
- Corraliza, J.A., & Collado, S. (2019). Conciencia ecológica y experiencia ambiental en la infancia. *Papeles del Psicólogo*, 40(3), 190-196.
- Criado, A.M., Cruz, M., García-Carmona, A., & Cañal, P. (2014). ¿Cómo mejorar la educación científica se primaria en España desde el currículum oficial? Sugerencias a partir de un análisis curricular comparativo en torno a las finalidades y contenidos de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 249-266.
- De Sá Ibrahim, S., & Justi, R. (2016). Teachers' knowledge in argumentation: contributions from an explicit teaching in an initial teacher education programme. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1996-2025.
- Di Mauro, M.F., & Furman, M. (2016). Impact of an inquiry unit on grade 4 students' science learning. *International Journal of Science Education*, 38(14), 2239-2258.
- Dimick, A.S. (2012). Student empowerment in an environmental science classroom: Toward a framework for social justice science education. *Science Education*, 96(6), 990-1012.
- Elías, R. (2015). Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Marine & Fishery Sciences*, 27, 83-105.
- Erdal, N.B., Hakkarainen, M., & Blomqvist, A.G. (2019). Polymers, Giant Molecules with Properties: An Entertaining Activity Introducing Polymers to Young Students. *Journal of Chemical Education*, 96(8), 1691-1695.
- Eriksen, M., Maximenko, N., & Thiel, M. (2013). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE*, 9(12).
- Fernández, A., & Conde, J.L. (2010). La ecopedagogía en la formación inicial de maestros. *Investigación en la Escuela*, 71, 39-49.
- Fernández, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral*, 15(43), 179-202.
- Finkenstaedt, S.A., Halim, A.S., Chambers, T.G., Moon, A., Goldman, R.S., Gere, A.R., & Shultz, G.V. (2017). Investigation of the influence of a writing-to-learn assignment on student understanding of polymer properties. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1610-1617.



- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 365-376.
- Gamboa, G.A. (2015). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una perspectiva bioética. *Persona y Bioética*, 19(2), 175-181.
- Gao, R. (2015). Incorporating students' self-designed, research-based analytical chemistry projects into the instrumentation curriculum. *Journal of Chemical Education*, 92(3), 444-449.
- García, I., & Moreno, O. (2015). El alumnado de primaria participante en el programa educativo Ecoescuelas ante las problemáticas socio-ambientales. De la perspectiva local a la global. *Investigación en la Escuela*, 87, 91-104.
- Garmendia, M., & Guisasola, J. (2015). Alfabetización científica en contextos escolares: Proyecto ZientziaLive! *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 294-310.
- Gil, J. (2012). Actitudes del alumnado español hacia las ciencias en la evaluación PISA 2006. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 131-152.
- Goldman, D., Assaraf, O.B.Z., & Shaharabani, D. (2013). Influence of a non-formal environmental education programme on junior high-school students' environmental literacy. *International Journal of Science Education*, 35(3), 515-545.
- González, A., & Puig, B. (2017). Analizar una problemática ambiental local para practicar la argumentación en clase de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 280-297.
- Guerra, M.T., Ryder, J., & Leach, J. (2010). Ideas about the nature of science in pedagogically relevant contexts: Insights from a situated perspective of primary teachers' knowledge. *Science Education*, 94(2), 282-307.
- Haglund, J., Jeppsson, F., & Andersson, J. (2012). Young children's analogical reasoning in science domains. *Science Education*, 96(4), 725-756.
- Hilton, A., & Nichols, K. (2011). Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2215-2246.
- Hoe, K.Y., & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid-base chemistry among secondary students:

- insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263-282.
- Hoffman, A., & Turner, K. (2015). Microbeads and engineering design in chemistry: No small educational investigation. *Journal of Chemical Education*, 92(4), 742-746.
- Hong, Z.R., Lin, H.S., Wang, H.H., Chen, H.T., & Yang, K.K. (2013). Promoting and scaffolding elementary school students' attitudes toward science and argumentation through a science and society intervention. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1625-1648.
- Hurst, G.A., Slootweg, J.C., Balu, A.M., Climent, M.S., Gomera, A., Gomez, P., ... & Ibanez, J.G. (2019). International perspectives on Green and sustainable chemistry education via systems thinking. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2794-2804.
- Jaén, M., & Palop, E. (2011). ¿Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos y profesores de un centro de educación secundaria sobre la gestión del agua, energía y los residuos? *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 61-74.
- 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*, 16(1), 1501.
- Jone, M.L., & Seybold, P.G. (2016). Combining chemical information literacy, communication skills, career preparation, ethics, and peer review in a team-taught chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 93(3), 439-443.
- Khaddoor, R., Al-Amoush, S., & Eilks, I. (2017). A comparative analysis of the intended curriculum and its presentation in 10th grade chemistry textbooks from seven Arabic countries. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 375-385.
- Kim, M. (2016). Children's reasoning as collective social action through problem solving in Grade 2/3 science classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(1), 51-72.
- King, C.J. (2010). An analysis of misconceptions in science textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32(5), 565-601.
- Knutson, C.M., Schneiderman, D.K., Yu, M., Javner, C.H., Distefano, M.D., & Wissinger, J.E. (2017). Polymeric medical sutures: An

- exploration of polymers and Green Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1761-1765.
- Koch, B.S., & Barber, M.M. (2019). Basuras marinas; impacto, actualidad y las acciones para mitigar sus consecuencias. *Revista de Marina*, 968, 30-39.
- Lee, V.R. (2010). Adaptations and continuities in the use and design of visual representations in US middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 32(8), 1099-1126.
- Leuchter, M., Saalbach, H., & Hardy, I. (2014). Designing Science Learning in the First Years of Schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'floating and sinking'. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1751-1771.
- Lewis, M.S., Zhao, J., & Montclare, J.K. (2012). Development and implementation of high school chemistry modules using touch-screen technologies. *Journal of Chemical Education*, 89(8), 1012-1018.
- Lin, H.S., Hong, Z.R., & Chen, Y.C. (2013). Exploring the development of college students' situational interest in learning science. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2152-2173.
- Ljung, A., Magnusson, A., & Peterson, S. (2014). From doing to learning: Changed focus during a pre-school learning study project on organic decomposition. *International Journal of Science Education*, 36(4), 659-676.
- López, L., & Guerrero, A. (2019). ¿Qué creen estudiantes de Educación qué se puede hacer ante la situación de emergencia climática desde la Universidad, como profesionales y como ciudadanos? *Investigación en la Escuela*, 99, 46-59.
- López-Fernández, M.M., González, F., & Franco-Mariscal, A.J. (2021). ¿Qué ideas iniciales tienen los estudiantes de 1° de E.S.O. sobre la contaminación medioambiental por plásticos? *Actas del 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp. 1031-1037). Córdoba: Universidad de Córdoba y ÁPICE.
- Lotter, C., Smiley, W., Thompson, S., & Dickenson, T. (2016). The impact of a professional development model on middle school science teachers' efficacy and implementation of inquiry. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2712-2741.
- 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. United Kingdom: FAO.
- Madden, L., & Wiebe, E. (2015). Multiple perspectives on elementary teachers' science identities: A case study. *International Journal of Science Education*, 37(3), 391-410.
- Manchón, A.F., & García-Carmona, A. (2018). ¿Qué investigación didáctica en el aula de física se publica en España? Una revisión crítica de la última década para el caso de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 125-141.
- Mandler, D., Mamllok R., Blonder, R., Yayon, M., & Hofstein, A. (2012). High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 80-92.
- Marcén, C., & Molina, P.J. (2006). *La persistencia de las opiniones de los escolares sobre el Medio Ambiente. Una particular visión retrospectiva desde 1980 a 2005*. Madrid: MMA.
- Marker, S.C., Konkankit, C.C., Walsh, M.C., Lorey, D.R., & Wilson, J.J. (2019). Radioactive World: An Outreach Activity for Nuclear Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 96(10), 2238-2246.
- Martín, R., & Galán, P. (2012). Los criterios de clasificación de la materia inerte en la Educación Primaria: concepciones de los alumnos y niveles de competencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 213-230.
- Meyer, A.F., Knutson, C.M., Finkenstaedt, S.A., Gruba, S.M., Meyer, B.M., Thompson, J.W., ... & Haynes, C.L. (2014). Activities for middle school students to sleuth a chemistry "Whodunit" and investigate the scientific method. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 410-413.
- Miller, D.M., & Czegán, D.A. (2016). Integrating the liberal arts and chemistry: A series of general chemistry assignments to develop science literacy. *Journal of Chemical Education*, 93(5), 864-869.
- Miller, J.L., Wentzel, M.T., Clark, J.H., & Hurst, G.A. (2019). Green machine: a card game introducing students to systems thinking in green chemistry by strategizing the creation of a recycling plant. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3006-3013.
- Morales, D., Childress, T., & Chappell, M.J. (2019). Chemicals are contaminants too: Teaching appreciation and critique of science in the era of Next Generation Science Standards (NGSS). *Science Education*, 103(6), 1347-1366.

- Moreno, O., & García, F.F. (2015). Ciudadanía, participación y compromiso con los problemas socio-ambientales. Concepciones del alumnado participante en programas educativos andaluzes. *Investigación en la Escuela*, 86, 21-34.
- Muñoz, L., & Jiménez, M.R. (2017). Sistema acuopónico para trabajar los ecosistemas a nivel meso en educación infantil. *Investigación en la Escuela*, 93, 30-42.
- Murphy, K.C., Dilip, M., Quattrucci, J.G., Mitroka, S.M., & Andreatta, J.R. (2019). Sustainable consumer choices: An outreach program exploring the environmental impact of our consumer choices using a systems thinking model and laboratory activities. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2993-2999.
- Nisiforou, O., & Charalambides, A.G. (2012). Assessing undergraduate university students' level of knowledge, attitudes and behaviour towards biodiversity: a case study in Cyprus. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1027-1051.
- Park, J., Abrahams, I., & Song, J. (2016). Unintended knowledge learnt in primary science practical lessons. *International Journal of Science Education*, 38(16), 2528-2549.
- Paul, J., Lederman, N.G., & Gro, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2367-2387.
- Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., & Pro, A. (2012). *11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pérez, R., & Delgado, Á. (2012). La educación física y la adquisición de valores relacionados con el medio ambiente. *Investigación en la Escuela*, 77, 85-118.
- Pilcher, S.C. (2017). Hybrid course design: A different type of polymer blend. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1696-1701.
- Pro, A., & Rodríguez, J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 385-404.
- Pro, A., & Rodríguez, J. (2014). Desarrollo de la propuesta "si se necesita más energía... que no se hagan más centrales" en un aula de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 267-284.
- Quigley, C.F., Miller, Z.D., Dogbey, J., Che, S.M., & Hallo, J. (2014). 'No One Should Destroy the Forest': Using photo-based vignette interviews to

- understand Kenyan teachers' views of the environment. *International Journal of Science Education*, 36(17), 2937-2957.
- Ribeiro, E.M., Ratis, J.R., & Dantas, J. (2018). Analysing processes of conceptualization for students in lessons on substance from the emergence of conceptual profile zones. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1010-1028.
- Rivadulla, J.C., García, S., & Martínez, C. (2016). Historia de la Ciencia e ideas de los alumnos como referentes para seleccionar contenidos sobre nutrición. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 53-66.
- Rodríguez, F., & Blanco, Á. (2016). Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300.
- Romero, A., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A.M., & García, F.J. (2016). ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 297-311.
- Rowe, L., Kubalewski, M., Clark, R., Statza, E., Goyne, T., Leach, K., & Peller, J. (2018). Detecting microplastics in soil and sediment in an undergraduate environmental Chemistry laboratory experiment that promotes skill building and encourages environmental awareness. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 323-328.
- Ryu, M., Nardob, J.E., & Wub, M.Y.M. (2018). An examination of preservice elementary teachers' representations about chemistry in an intertextuality-modeling-based course. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 681-693.
- Schnittka, C., & Bell, R. (2011). Engineering design and conceptual change in science: Addressing thermal energy and heat transfer in eighth grade. *International Journal of Science Education*, 33(13), 1861-1887.
- Shamuganathana, S., & Karpudewan, M. (2017). Science writing heuristics embedded in green chemistry: a tool to nurture environmental literacy among pre-university students. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 386-396.



- Skamp, K., Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2013). Beliefs and willingness to act about global warming: Where to focus science pedagogy? *Science Education*, 97(2), 191-217.
- Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., & Neff, R.A. (2018). Microplastics in seafood & the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375-386.
- Solbes, J., Ruiz, J.J., & Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 63, 65-75.
- Souza, K.A., & Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 275-284.
- Stender, A.S., Newell, R., Villarreal, E., Swearer, D.F., Bianco, E., & Ringe, E. (2016). Communicating science concepts to individuals with visual impairments using short learning modules. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2052-2057.
- Strømme, A.A., & Furberg, A. (2015). Exploring teacher intervention in the intersection of digital resources, peer collaboration and instructional design. *Science Education*, 99(5), 837-862.
- Tamburini, F., Kelly, T., Weerapana, E., & Byers, J.A. (2014). Paper to plastics: An interdisciplinary summer outreach project in sustainability. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1574-1579.
- Tchoua, R.B., Qin, J., Audus, D.J., Chard, K., Foster, I.T., & De Pablo, J. (2016). Blending education and polymer science: Semiautomated creation of a thermodynamic property database. *Journal of Chemical Education*, 93(9), 1561-1568.
- Thunberg, G. (2019). *Cambiamos el mundo: #buelgaporelclima*. Madrid: Lumen.
- Ting, J.M., Ricarte, R.G., Schneiderman, D.K., Saba, S.A., Jiang, Y., Hillmyer, M.A., & Lodge, T.P. (2017). Polymer day: Outreach experiments for high school students. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1629-1638.
- Torres, J.M. (2019). Estudio de los flujos de dispersión de los residuos plásticos en el Golfo de Cádiz debido a las corrientes superficiales marinas: una propuesta didáctica para iniciar a los alumnos de 1º ESO en la indagación científica escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3501.

- United Nations (2019). *Report of the secretary-General on the 2019 climate action summit and the way forward in 2020*. New York: United Nations.
- Urrútica, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511.
- Varelas, M., Morales, D., Raza, S., Segura, D., Canales, K., & Mitchener, C. (2018). Community organizations' programming and the development of community science teachers. *Science Education*, 102(1), 60-84.
- Vesterinen, V.M., Tolppanen, S., & Aksela, M. (2016). Toward citizenship science education: what students do to make the world a better place? *International Journal of Science Education*, 38(1), 30-50.
- Ward, A.M., & Wyllie, G.R. (2019). Bioplastics in the general chemistry laboratory: Building a semester-long research experience. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 668-676.
- Xu, H., & Talanquer, V. (2013). Effect of the level of inquiry of lab experiments on general chemistry students' written reflections. *Journal of Chemical Education*, 90(1), 21-28.
- Zhang, D., & Campbell, T. (2012). An exploration of the potential impact of the integrated experiential learning curriculum in Beijing, China. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1093-1123.

**Información de contacto:** María del Mar López-Fernández. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Educación. Campus de Cartuja. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Granada. CP, 18071. E-mail: mmarlf@correo.ugr.es