



TRABAJO FIN DE MÁSTER

Revisión bibliográfica de las estrategias didácticas sobre la contaminación de plásticos en institutos

Estudiante: Víctor Beano Cuenca
Máster en Educación. Especialidad Física & Química
Tutoras: Rosa María Martínez Martínez
Inmaculada Simón Vilella
Curso académico: 2023-24

ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave.....	1
2. Introducción.....	2
3. Revisión bibliográfica.....	5
3.1 Método.....	5
3.2 Rúbrica del método.....	7
3.3 Resultados.....	8
3.4 Tratamiento de los resultados.....	11
3.5 Discusión de los resultados.....	12
4. Propuesta.....	17
5. Conclusiones.....	25
6. Referencias.....	27





I. Resumen y palabras clave

El objetivo de esta revisión bibliográfica consiste hacer una reflexión sobre cómo se está tratando el tema de los plásticos y la contaminación que producen en los institutos en los últimos años.

El método que se ha empleado es realizar un cribado de artículos en base a distintos factores como la temática, la fecha de publicación o el idioma. Tras seleccionar los artículos se creó una rúbrica para poder evaluar los distintos artículos en base a los criterios que se han determinado, que son el contenido científico que tienen, si se les ha dado un enfoque interdisciplinario, la actualidad y la claridad del artículo.

Además, se han tenido en cuenta los recursos, materiales y actividades propuestas para fijar los conocimientos y el impacto y la generación que crean. También se han tenido en cuenta el énfasis que le dan a los ODS. Los resultados que ha arrojado la rúbrica han evidenciado la falta de atención que se le está brindando tanto al enfoque interdisciplinario como al tratamiento de los ODS.

Las conclusiones se han obtenido es que es necesario implicar a la comunidad educativa en la creación de más artículos que traten el tema de los microplásticos, ya que son muy escasos y que, en general, se trabajen más con un enfoque interdisciplinario para mejorar el rendimiento del alumnado y dar más énfasis al tratamiento de los ODS para tener en el futuro ciudadanos capaces de enfrenar los retos y desafíos del siglo XXI

Palabras clave: Microplásticos; Biodegradabilidad de los plásticos; Instituto, Estrategia didáctica; ODS; Química Verde; Interdisciplinario; Educación Ambiental; Contaminación por plásticos; Química de Polímeros, STEM; Reciclaje

This bibliographic review attempts to reflect on how the issue of plastics and the pollution they cause in schools has been dealt with in recent years.

The method used was to screen articles based on different factors such as subject matter, date of publication and language. After selecting the articles, a rubric was created to evaluate the different articles based on the criteria determined, which are the scientific content, whether an interdisciplinary approach has been taken, the topicality and clarity of the article.

In addition, the resources, materials and activities proposed to fix the knowledge and the impact and generation they create have been considered. The emphasis given to the SDGs has also been considered. The results of the rubric highlighted the lack of attention given to both the interdisciplinary approach and the treatment of the SDGs.

The conclusions reached are that it is necessary to involve the educational community in the creation of more articles dealing with the subject of microplastics, as they are very scarce, and that, in general, they should work more with an interdisciplinary approach to improve student performance and give more



emphasis to the treatment of the SDGs in order to have citizens in the future capable of facing the challenges of the 21st century.

Key Words: *Microplastics; Plastics biodegradability; High School; Didactic strategy; Sustainable Development Goals; Green Chemistry; Interdisciplinary/Multidisciplinary; Environmental education; Plastic pollution; Polymer Chemistry; STEM education; Recycling*

2. Introducción

Desde que a principios del siglo XX se sintetizó el primer plástico artificial, el uso de los plásticos no ha hecho más que aumentar. Se estima que a mediados de siglo XX la producción anual era en torno a 2 millones de toneladas. En los años 80 la producción era superior a los 60 millones de toneladas y actualmente estamos entorno a los 400 millones de toneladas

El uso de plásticos ha transformado profundamente nuestra vida cotidiana y la industria moderna. Los plásticos se han convertido en un material esencial debido a su versatilidad, durabilidad y bajo precio. Son usados en una amplia gama de productos, desde envases y juguetes hasta automóviles y dispositivos médicos. Gracias a los plásticos se han facilitado ingentes avances tecnológicos y han mejorado la calidad de vida.

Pero, por otro lado, la contaminación por plásticos ha emergido como uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI. A medida que se incrementa la conciencia sobre los efectos devastadores que los plásticos tienen en los ecosistemas y la salud humana, se ha hecho evidente la necesidad de integrar este tema en la educación secundaria.

Por todo esto, la problemática de los plásticos en general y de los microplásticos (ya que se pueden encontrar en distintos organismos, en el agua e incluso en nuestra propia sangre) en particular está tomando mucha importancia en los últimos años ha cobrado una relevancia significativa en la agenda educativa global debido a su impacto ambiental y la urgencia de encontrar soluciones sostenibles.

En la educación secundaria, paulatinamente se están introduciendo distintas estrategias para ir abordando todo este asunto, alineándose con los ODS como marca la ley de educación, enfocándose en la concienciación del alumnado además de intentar inculcar unos hábitos de sostenibilidad a los alumnos.

El estudiantado debería de aprender sobre el ciclo de vida de los plásticos, sus efectos nocivos en los ecosistemas marinos y terrestres, y las consecuencias para la salud humana a través de los plastificantes que estos contienen y especialmente de los microplásticos para fomentar una concienciación sobre cómo se usan y como se están tratando los residuos plásticos.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es encontrar proyectos interdisciplinarios que involucren a diversas materias como ciencias, geografía, economía, arte y tecnología. Clases de ciencias en la que los estudiantes puedan



realizar experimentos para comprender la degradación de los plásticos y experimentar con materiales biodegradables. En economía, aprender de las empresas que han adoptado prácticas sostenibles. En arte, se puede animar a crear obras de arte con materiales reciclados.

Otro aspecto crucial es estimular al estudiantado para que realicen actividades que ayuden a reducir el uso de plásticos. Se pueden plantear jornadas de limpieza de playas, ríos y parques locales y charlas con expertos en sostenibilidad. Estas actividades prácticas permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en el aula y observar directamente el impacto positivo de sus acciones.

El uso de la tecnología y los recursos digitales también juega un papel fundamental en la educación secundaria. Herramientas como simuladores, laboratorios virtuales como el PHET Colorado, aplicaciones educativas y plataformas en línea permiten a los estudiantes explorar soluciones innovadoras y colaborar en proyectos globales.

Bien, a partir de los puntos expuestos se va a comprobar cómo se están tratando esta problemática en las aulas y que conclusiones podemos sacar al respecto. Y si fuera posible, proponer soluciones o alternativas a los defectos que encontremos, o resaltar aquellos aspectos que resulten especialmente valiosos

3. Revisión bibliográfica

3.1 Método

Para la realización de la revisión bibliográfica se va a emplear un método de filtración de menciones o artículos mediante el cual vamos a llegar a aquellos que están más centrados en el ámbito específico que se desea. Pasaremos por una serie de fases que a continuación vamos a especificar

En la primera fase se van a seleccionar las distintitas bases de datos y plataformas donde buscar las menciones (libros, actas, artículos, ...) que versan sobre el tema principal de la revisión bibliográfica, el tratamiento que se le da en las aulas de secundaria a los plásticos y microplásticos.

De entre todas las posibles bases de datos y plataformas, se han seleccionado las siguientes:

- DAMA (UMH)
- SCOPUS
- Google Scholar
- <https://didacticafisicaquimica.es/>
- <http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm>
- <https://ensciencias.uab.cat/issue/view/v41-n3>
- <http://www.scientix.eu/>
- <https://intef.es/>

En la segunda fase se van a realizar las búsquedas de menciones en las plataformas y bases de datos anteriormente seleccionadas. Se buscarán artículos cuyas palabras clave estén relacionadas con el tema que se esté tratando. Entre otras se han empleado las siguientes palabras claves para realizar la búsqueda

- Secundaria
- Secondary
- High school
- Plastic
- Microplastic
- Education
- Middle School
- Didáctica
- Didactic
- Experiments
- Experimentos
- Laboratory
- Laboratorio

Posteriormente se revisarán los artículos para no encontrar artículos duplicados, o artículos incompletos o que no se puedan descargar y trabajar con ellos

En la cuarta fase, una vez seleccionadas las menciones y artículos, se tomarán en cuenta solo aquellas menciones que tengan una fecha de publicación no superior a 5 años para poder asegurar la vigencia de estos, por lo que el periodo de validez quedará restringido entre los años 2018 y 2024

Por último, se hará un quinto triaje por el que pasarán las menciones y artículos. Será un filtro lingüístico. Se limitará la búsqueda a aquellos artículos publicados originalmente en inglés preferentemente, aunque también serán válidos aquellos publicados en español, descartando cualquier otro idioma en el que fueran publicados

Tras los cinco filtros comentados, no se descarta añadir más filtros si fuera necesario tratando de reducir el número de artículos finales que traten el tema de los plásticos o más específicamente de los microplásticos entorno a las 20 para poder tratar los distintos artículos con la suficiente profundidad.

Una vez seleccionados los artículos y menciones que cumplen con todos los estándares propuestos se procederá a hacer la propia revisión. Para ello emplearemos la siguiente tabla a modo de rúbrica para poder valorarlos

3.2 Rúbrica de Método

Criterio	Excelente (3)	Bueno (2)	Suficiente (1)	Deficiente (0)
1.Contenido Científico	Proporciona información detallada, precisa y actualizada. Incluye datos, estadísticas y referencias a investigaciones científicas.	Proporciona información precisa y actualizada, pero menos detallado que en la categoría excelente.	Proporciona información general y algo precisa, pero con algunas lagunas o falta de actualización	Proporciona información insuficiente o desactualizada.
2.Enfoque Interdisciplinario	Integra de manera efectiva múltiples disciplinas	Integra varias disciplinas, pero con menos profundidad que en la categoría excelente.	Integra algunas disciplinas, pero de manera superficial o sin conexión clara.	Integra pocas disciplinas y de manera inefectiva.
3.Relevancia y Actualidad	Trata temas actuales y relevantes, desarrollos recientes y soluciones innovadoras.	Trata algunos temas actuales y relevantes	Trata un tema actual y relevantes	Trata temas poco actuales o relevantes
4.Claridad y Comprensibilidad	Presenta la información de manera clara, comprensible y bien estructurada. Usa un lenguaje adecuado para el alumnado.	Presenta la información relativamente clara y comprensible o con lenguaje ligeramente complejo.	Presenta la información poco comprensible, con áreas confusas o con lenguaje inadecuado	Presenta la información de manera incomprensible y con lenguaje frecuentemente inadecuado.
5.Recursos y Materiales	Incluye una importante variedad de	Incluye varios	Incluye algún recurso o materiales,	No incluye recursos ni materiales

	recursos y materiales que facilitan el aprendizaje.	recursos y materiales	pero son limitados	
6.Actividades y Propuestas Prácticas	Proporciona muchas actividades y propuestas prácticas	Proporciona entre varias actividades y propuestas prácticas	Proporciona pocas actividad o propuestas práctica	No proporciona actividades ni propuestas prácticas
7.Impacto y Motivación	Motiva claramente al estudiantado	Motiva al estudiantado	Motiva poco al estudiantado	No motiva al estudiantado
8.Referencias y Citas	Incluye numerosas y variadas referencias y citas	Incluye varias referencias y citas	Incluye alguna referencias o citas	No incluye referencias ni citas
9.ODS	Tratan el tema con profundidad	Tratan el tema	Se comenta el tema superficialmente	No se trata el tema
10.Origen	País de origen			

Con todas las puntuaciones que obtendremos, posteriormente se realizará una evaluación de cómo se está llevando a cabo el aprendizaje de la temática propuesta y se tratará de obtener conclusiones de los resultados

3.3 Resultados

Primero se va a detallar los artículos que se han cribado dentro de los parámetros expuestos en el punto de la exposición. Se van a correlacionar con números para que sea más fácil de identificar. Se añadirán los artículos en la sección de anexos para poder consultarlos

- 1 La contaminación por plásticos
- 2 Dyeing to Degrade: A Bioplastics Experiment for College and High School Classrooms



- 3 Detecting Microplastics in Soil and Sediment in an Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory Experiment That Promotes Skill Building and Encourages Environmental Awareness
- 4 Making Glue from Seeds and Gums: Working with Plant-Based Polymers to Introduce Students to Plant Biochemistry
- 5 Microplastics Outreach Program: A Systems-Thinking Approach To Teach High School Students about the Chemistry and Impacts of Plastics
- 6 El plástico que no se ve
- 7 Is Awareness on Plastic Pollution Being Raised in Schools? Understanding Perceptions of Primary and Secondary School Educators
- 8 Safer and Greener Polymer Demonstrations for STEM Outreach
- 9 Should We Ban Single-Use Plastics? A Role-Playing Game to Argue and Make Decisions in a Grade 8 School Chemistry Class
- 10 Thirst for a Solution: Alginate Biopolymer Experiments for the Middle and High School Classroom
- 11 A STEM activity for gifted students: biodegradable smart packaging design through physical computing
- 12 Implementing a Didactic Strategy for Teaching Recyclable Plastic Polymers in High School Education
- 13 Lighting Up for Learning. Fluorescence Analysis of Microplastic Particles by Secondary School Students Using Nile Red
- 14 What are you drinking? Tap water versus bottled water
- 15 ¿Microplásticos en sales de mesa? Cómo estudiarlos fácilmente
- 16 A cure for Microplastics: Introducing First-Year Honors Students to Environmental Chemistry through Undergraduate Research
- 17 A Polymer Degradation and Remanufacturing Experiment in the High School Classroom
- 18 Cultivar plástico y una nueva vida para el plástico
- 19 Increasing the students' interest in science by implementing a science action dedicated to plastics biodegradability
- 20 Plastics Challenge
- 21 Recycling Plastics: Middle School Students Create Solutions During a Summer Camp
- 22 Towards a Sustainable Future? The EU Policies Concerning Plastics and Their Didactical Potential for Primary and Secondary Teaching

Posteriormente se empleó la rúbrica para analizar objetivamente los artículos y menciones que hemos seleccionado previamente. Los resultados obtenidos han sido los siguientes



		C R I T E R I O S									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ARTÍCULOS Y MENCIONES	1	1	1	1	3	3	3	3	2	1	España
	2	3	1	2	2	3	2	2	1	1	USA
	3	2	1	3	2	2	3	3	2	1	USA
	4	2	1	2	1	2	2	2	2	1	USA
	5	2	1	1	2	1	2	2	2	2	USA
	6	2	2	3	2	1	2	2	1	2	España
	7	1	2	2	1	1	1	2	1	2	Sudáfrica
	8	1	1	2	2	2	2	2	2	1	USA
	9	2	1	2	2	1	1	2	2	2	España
	10	2	1	2	2	2	2	2	2	1	USA
	11	2	3	1	2	2	2	3	2	2	Turquía
	12	2	2	2	1	2	3	1	2	1	Méjico
	13	3	1	3	2	2	2	3	2	1	Austria
	14	1	1	1	2	1	2	1	1	1	Italia
	15	2	3	2	2	2	2	2	1	3	España
	16	1	2	2	2	1	2	1	2	2	USA
	17	2	1	1	1	2	1	2	2	1	USA
	18	3	3	3	3	3	3	3	0	3	¿?*
	19	1	1	2	1	1	1	1	2	2	Rumanía
	20	2	1	2	3	2	3	2	0	3	Inglaterra
	21	1	1	2	1	2	2	2	2	1	USA
	22	2	1	2	1	1	0	1	2	1	Alemania

Cuadro 1. Resultados de la aplicación de la rúbrica en los artículos

¿?* Este artículo es un trabajo colaborativo multidisciplinar de varios equipos de diversos países

3.4 Tratamiento de los resultados

A continuación, son expuestos los resultados de las operaciones realizadas al conjunto de los resultados de la muestra. Se han analizado las tendencias centrales a través de la media, la moda y la variabilidad de los resultados mediante la desviación estándar.

	CRITERIOS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Media en base a 3	1,8	1,5	2	1,8	1,8	2	2	1,6	1,6
Moda en base a 3	2	1	2	2	2	2	2	2	1
Desviación standard	0,66	0,74	0,65	0,66	0,69	0,79	0,69	0,67	0,73
Media en base a 10	6,1	4,8	6,5	6,1	5,9	6,5	6,7	5,3	5,3

Cuadro 2. Resultados en función de los criterios de la rúbrica

Medias de los criterios según los artículos

ARTÍCULOS Y MENCIONES		Promedio en	Desviación	Moda	Promedio en
		base 3	Standard		base 10
1	2	1,00	1	6,7	
2	1,9	0,78	2	6,3	
3	2,1	0,78	2	7,1	
4	1,7	0,50	2	5,6	
5	1,7	0,50	2	5,6	
6	1,9	0,60	2	6,3	
7	1,4	0,53	1	4,8	
8	1,7	0,50	2	5,6	
9	1,7	0,50	2	5,6	
10	1,8	0,44	2	5,9	
11	2,1	0,60	2	7,1	
12	1,8	0,67	2	5,9	
13	2,1	0,78	2	7,1	
14	1,2	0,44	1	4,1	
15	2,1	0,60	2	7,1	
16	1,7	0,50	2	5,6	
17	1,4	0,53	1	4,8	

	18	2,7	1,00	3	8,9
	19	1,3	0,50	1	4,5
	20	2	1,00	2	6,7
	21	1,6	0,53	2	5,2
	22	1,2	0,67	1	4,1

Cuadro 3. Resultados de la rúbrica en función de los artículos

Origen de los artículos en función tanto del país como del continente al que pertenecen:

País	Artículo	Continente	Artículos
Alemania	1	América	10
Austria	1	África	1
España	5	Asia	1
Inglaterra	1	Europa	10
Italia	1		
Méjico	1		
Rumanía	1		
Sudáfrica	1		
Turquía	1		
USA	9		

Cuadro 4. Tabla resumen del origen de los artículos

3.4 Discusión de los resultados

La búsqueda de artículos y menciones no ha sido fácil. No hay mucha bibliografía que trate en específico de los microplásticos. Quizás porque es un tema muy novedoso y todavía se están en fase de desarrollo muchos artículos, o necesitan mucho tiempo de toma de datos para poder publicarlos.

Se han tenido que buscar en numerosas bases de datos y a pesar de ello, no se consiguieron tener los suficientes, por lo que se optó por ampliar la búsqueda a plásticos, en general y microplásticos en específicos

No se ha encontrado bibliografía sobre cómo afecta al cuerpo humano en específico, por ejemplo. Además de que la mayoría de documentación se publica en inglés, para que tenga un mayor público y como consecuencia, mayor impacto en la sociedad, al usar una lengua tan transversal como el inglés



Tras aplicar la rúbrica a los distintos artículos, se han obtenido unos resultados, a los cuales les hemos hecho unos tratamientos de datos y serán discutidos a continuación. En base a los resultados, hay tres criterios que destacan por sus bajas puntuaciones:

- 2.Enfoque Interdisciplinario
- 8.Referencias y Citas
- 9.ODS

En el caso del criterio número 2, hemos encontrado que la mayoría de documentación que hemos filtrado no tratan los temas desde un enfoque interdisciplinario. En la mayoría de los casos se centran exclusivamente en una asignatura en concreto sin tratar de buscar una cooperación. Más adelante será tratado este tema

En el caso del criterio número 8, Referencias y Citas, se ha dado esa media tan baja porque hay varios artículos, los artículos 18 y 20 (Cultivar plástico y una nueva vida para el plástico y Plastics Challenge) en donde directamente no existe bibliografía, por lo que han obtenido un 0 y eso ha bajado la nota del conjunto. Pero si se quitaran esas dos excepciones, la nota media subiría bastante y no destacaría por debajo del resto de criterios de la rúbrica.

Por último, está el caso del criterio 9, ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible). Este es un criterio muy importante ya que se está introduciendo en todas las normativas educativas. Se han obtenido unos resultados bastante bajos en general

La desviación estándar es una medida estadística que mide el grado de la dispersión o variabilidad de un conjunto de datos con respecto a su media. Mide la dispersión de los datos de un conjunto en comparación con la media de estos datos. Una desviación baja significa que los datos están agrupados cerca de la media, lo que indica poca variabilidad. Por el contrario, si la desviación es alta, los datos están más dispersos.

En este sentido hay tres criterios que son especialmente llamativos:

- 2.Enfoque Interdisciplinario
- 6.Actividades y Propuestas Prácticas
- 9.ODS

Como en el anterior análisis, también destaca el criterio del enfoque Interdisciplinario, ya que hay algunos artículos que tienen en cuenta este enfoque, y otros que por el contrario apenas lo tratan en el caso de que lo traten

En cuanto a las propuestas prácticas, los resultados demuestran la disparidad de los resultados.

Al igual que en el caso anterior, hay algunos artículos que trabajan mucho las actividades y las propuestas prácticas. En este caso, a diferencia del anterior, la mayoría si los trata ya que la media es alta, aunque tenga desviación.

Por último, como en el caso del enfoque interdisciplinario, tenemos el criterio de los ODS. Es un enfoque que no se emplea con la suficiente importancia en la mayoría de los casos. En otros casos, los menos, se trata de manera correcta

Pasamos a comentar la moda de los criterios. En este caso todos los criterios excepto dos tienen una moda de 2. Los criterios dos criterios que tienen como moda 1, son como cabía esperar:

- 2.Enfoque Interdisciplinario
- 9.ODS

Este resultado no es más que lo esperado a la vista del resto de indicadores que se han analizado hasta el momento. Los criterios con peores notas a lo largo del análisis.

Si analizamos las notas medias en base a 10, y las ponemos en orden decreciente, obtenemos la siguiente tabla.

Código	Criterio	Nota media
7	Impacto y Motivación	6,68
3	Relevancia y Actualidad	6,53
6	Actividades y Propuestas Prácticas	6,53
1	Contenido Científico	6,07
4	Claridad y Comprensibilidad	6,07
5	Recursos y Materiales	5,92
8	Referencias y Citas	5,31
9	ODS	5,31
2	Enfoque Interdisciplinario	4,86

Los criterios en los que más se han enfocado los artículos son, la motivación y el impacto, la relevancia y la actualidad y las actividades y propuestas prácticas, las cuales han obtenido una media sobre 10 de casi dos puntos superiores al enfoque interdisciplinario

Ahora se va a pasar a analizar las notas por artículos / menciones. En cuanto a las medias de los artículos, encontramos varios artículos que están con notas muy bajas. Si se usan para comparar las notas medias que han obtenido en base a 10, se puede detectar que, en los siguientes casos, están por debajo del aprobado

- 7. Is Awareness on Plastic Pollution Being Raised in Schools? Understanding Perceptions of Primary and Secondary School Educators
- 14. What are you drinking? Tap water versus bottled water
- 17. A Polymer Degradation and Remanufacturing Experiment in the High School Classroom

- 19. Increasing the students' interest in science by implementing a science action dedicated to plastics biodegradability
- 22. Towards a Sustainable Future? The EU Policies Concerning Plastics and Their Didactical Potential for Primary and Secondary Teaching

En todos estos casos se han obtenido bajos resultados ya que no han sido artículos en los que haya cosas muy positivas que destacar en ninguno de los criterios. Por el contrario, se han encontrado bastantes deficiencias en la mayoría de los criterios. Cabe destacar que ninguno de los casos son artículos de origen español

En el caso del artículo 7, podemos que está suspenso en prácticamente todos los criterios analizados por la rúbrica. No tiene prácticamente actividades ni propuestas prácticas, el contenido científico apenas existe.

En el caso del artículo 14, apenas tiene contenido científico, ni se le ha incorporado un enfoque interdisciplinario ni tampoco es especialmente relevante. Los recursos didácticos son muy escasos y no parece muy motivador. En cuanto al apartado de los ODS, el tratamiento es mínimo, alguna mención ocasional por lo que tampoco lo cubre. De entre todos los artículos, este es el que peores resultados ha obtenido al analizarlo mediante la rúbrica

El artículo 17, de Estados Unidos, presenta contenido científico, pero se aleja de aplicar un enfoque multidisciplinario al artículo. Un error que como se ha podido apreciar a lo largo de toda la revisión, es bastante común en la mayoría de los artículos. Tampoco presenta un tema especialmente actual o relevante para el alumnado. No es un artículo especialmente claro y conciso.

En cuanto al tema de las actividades, apenas el artículo le otorga relevancia al igual que tampoco hace especial énfasis en cuanto al tratamiento de los ODS.

El artículo 19, de origen rumano, se puede observar que ha obtenido calificaciones bajas en casi todos los criterios. Ni se le ha dado un contenido científico relevante, ni se le ha tratado de dar un enfoque interdisciplinario. No es un artículo que brille por su claridad, no ofrece muchos materiales de apoyo ni hace las suficientes propuestas didácticas / prácticas para desarrollar el contenido adecuadamente.

Finalmente, el último de los artículos que han obtenido bajas calificaciones, el artículo 22. El artículo cojea del enfoque interdisciplinario, además de ser poco claro y ofrecer pocos recursos. Pero donde ha obtenido especialmente malos resultados es en cuanto a las escasísimas actividades y propuestas ofrece.

Tampoco es especialmente impactante ni hace apenas referencias a los ODS. Por otro lado, otros tres artículos han obtenido resultados bastante positivos, con valores de notable y sobresaliente. Son los siguientes:

- 3. Detecting Microplastics in Soil and Sediment in an Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory Experiment That Promotes Skill Building and Encourages Environmental Awareness



- 11. A STEM activity for gifted students: biodegradable smart packaging design through physical computing
- 13. Lighting Up for Learning. Fluorescence Analysis of Microplastic Particles by Secondary School Students Using Nile Red
- 15. ¿Microplásticos en sales de mesa? Cómo estudiarlos fácilmente
- 18. Cultivar plástico y una nueva vida para el plástico

En el caso del artículo 3, un artículo de origen estadounidense ha obtenido grandes resultados en casi todos los criterios. Especialmente remarcables han sido las propuestas prácticas y las actividades que propone para desarrollar los conocimientos que quiere transmitir el artículo. Es también un artículo con un gran impacto y muy motivador que seguro que será bien recibido por el alumnado. Además de todo esto, han buscado un tema de especial relevancia y actualidad.

El único punto donde se ha quedado un poco bajo es en el aspecto de la interdisciplinariedad. No han tratado de buscar sinergias con otras asignaturas, por lo que se ha perdido la posibilidad de integrar distintos conocimientos y métodos de diferentes disciplinas para abordar el tema de una manera aún más completa y enriquecedora.

Con este enfoque se hubieran podido conectar distintos conceptos y habilidades de varias áreas para conseguir un aprendizaje más profundo y significativo.

En el caso de artículo número 11, este escrito de origen turco, que en general ha obtenido muy buenos resultados, hay que hacerle una especial mención al enfoque interdisciplinario. De los pocos artículos que lo tienen en consideración, lo que lo hace especialmente remarcable. También ha buscado ser especialmente impactante y motivador. La única debilidad la ofrece en el caso de la relevancia y actualidad del tema, que no es especialmente fresco el tema ni muy relevante.

En cuanto al artículo 13, como en los dos casos anteriores, ha obtenido muy buenas notas en general este artículo de origen austriaco. Especialmente destacable su contenido científico, con unos contenidos rebosantes de conocimientos. Otro de los puntos donde destaca especialmente es en la relevancia y actualidad del tema que trata buscando y obteniendo un gran impacto y motivación.

Este artículo tiene dos debilidades solo, que, como suele ser habitual no tiene enfoque interdisciplinario y que tampoco trata adecuadamente el tema de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Para finalizar con los artículos con calificación de notable, el artículo 15 de origen español, nos ofrece un gran enfoque interdisciplinario, rara avis entre los artículos. Además de calificaciones globales muy positivas, también le otorga especial importancia a los ODS, otra, de las rara avis de entre la revisión. El único punto débil es su escaso contenido en referencias.

Para acabar, tenemos el artículo estrella. Un artículo que ha obtenido las mejores calificaciones posibles en todos y cada uno de los apartados excepto en



uno. Tiene un gran contenido científico con un enfoque interdisciplinario importante.

Es de total relevancia y actualidad, ofreciendo un lenguaje y una claridad muy importante de cara al alumnado. Ofrece gran cantidad de recursos y materiales para asimilar el contenido que ofrece, además de multitud de actividades y propuestas prácticas.

Es un artículo muy motivador y de gran impacto que además de todo ello, trata el tema de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de una manera muy enriquecedora. Solo tiene un punto negativo. No tiene ni una sola referencia ni cita. Este punto negativo es la única razón por la que este artículo no ha obtenido una calificación mejor

Si nos fijamos en el origen de los artículos, la media de los artículos españoles está en casi un notable, 6.9, mientras que los que son de origen americano tienen más de un punto de diferencia.

Aunque la muestra es muy pequeña, parece que los artículos españoles han obtenido mejores calificaciones que los de origen americano.

Si comparamos por continentes, los únicos dos continentes en los que tenemos suficientes artículos como para hacer menciones son el europeo y América. La diferencia entre ambos es insignificante, 0,4 para Europa. De todas formas, las muestras son muy pequeñas como para obtener conclusiones válidas

4. Propuesta

Propuesta Didáctica Interdisciplinaria:

Contaminación por Microplásticos y su Impacto

Introducción

En esta propuesta se busca ofrecer un enfoque completo, integrando el uso de laboratorios virtuales y reales para una experiencia práctica enriquecedora. Trata de fomentar el enfoque interdisciplinario y el compromiso con los ODS, promoviendo la comprensión y la acción frente a la contaminación por microplásticos. El estudiantado adquiere habilidades científicas, sociales y tecnológicas, desarrollando una conciencia crítica y proactiva ante problemas ambientales contemporáneos.

Público Objetivo:

Estudiantado de Secundaria y Bachillerato

Enfoque Interdisciplinario y Relación con los ODS:


La propuesta integra contenidos de Ciencias Naturales, Geografía, Ética y Ciudadanía, Tecnología y Ciencias Sociales, con un énfasis en los ODS:

- **ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento:** Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación.
- **ODS 12: Producción y Consumo Responsables:** Promover prácticas de consumo responsable y reducción de plásticos.
- **ODS 14: Vida Submarina:** Combatir la contaminación marina para proteger la biodiversidad.

Objetivos de Aprendizaje:

1. **Científicos:** Identificar, cuantificar y analizar la presencia de microplásticos en el medio ambiente, comprendiendo su origen y sus efectos ecológicos.
2. **Sociales y Éticos:** Reflexionar sobre la responsabilidad humana en la contaminación por plásticos y su impacto en los ecosistemas.
3. **Tecnológicos:** Explorar tecnologías de detección, reducción y reciclaje de microplásticos, utilizando herramientas digitales y de laboratorio.
4. **Geográficos:** Analizar la distribución y los impactos geográficos de los microplásticos en los ecosistemas acuáticos y costeros.

Recursos y Materiales:



- **Material de Recolección:** Frascos de vidrio con tapas, pinzas de plástico, espátulas, etiquetas.
- **Material de Análisis:** Coladores de malla fina, microscopios ópticos o lupas, bandejas de Petri, papel de filtro, alcohol isopropílico.
- **Protección Personal:** Guantes, gafas de seguridad.
- **Recursos Digitales:** Dispositivos móviles o computadoras, acceso a laboratorios virtuales.
- **Laboratorios Reales:** Equipos de laboratorio escolar para experimentos avanzados de filtración y análisis de partículas.

Desarrollo de la Práctica:

1. Introducción Teórica e Interdisciplinaria (45 minutos)

Se podría comenzar con una sesión teórica para hablar de los microplásticos y como están relacionados con los ODS, explicando su importancia desde diferentes perspectivas.

- **Ciencias Naturales:** Presentación sobre microplásticos, sus tipos (primarios y secundarios), fuentes (cosméticos, textiles, plásticos de un solo uso), y su impacto ecológico.
- **Geografía:** Análisis de la distribución de microplásticos a nivel global, usando mapas interactivos para identificar áreas críticas y cómo la contaminación varía por región.
- **Ética y Ciudadanía:** Reflexión sobre la responsabilidad humana en la contaminación, explorando ejemplos de cómo las decisiones de consumo afectan el medio ambiente.
- **Tecnología:** Introducción a tecnologías de reciclaje y detección, como la filtración avanzada y bioplásticos, para mostrar cómo la ciencia puede ayudar a mitigar este problema.

2. Laboratorio Virtual: Análisis y Simulación de Microplásticos

A continuación, se podrían emplear plataformas de laboratorio virtual como el Phet Colorado u otras parecidas para simular el comportamiento y la propagación de microplásticos en diferentes ambientes.



- **Actividades Virtuales:**

- **Simulación de Propagación:** El alumnado usaría software de simulación para observar cómo los microplásticos se dispersan en corrientes marinas y ríos.
- **Análisis de Contaminación:** los laboratorios virtuales permiten al estudiantado identificar microplásticos en muestras simuladas, aprendiendo a usar herramientas como espectroscopia infrarroja para identificar materiales plásticos.
- **Experimento Virtual de Impacto en la Fauna:** Otra de las simulaciones que se podrían realizar es observar cómo los microplásticos afectan organismos acuáticos, a través de la ingestión y los efectos biológicos en peces y moluscos.

3. Trabajo de Campo y Recolección de Muestras

El estudiantado podría recolectar muestras reales de agua y arena, observando las fuentes locales de contaminación.

- **Procedimiento:**

- Habría que dar unas instrucciones para la recolección cuidadosa de muestras en frascos etiquetados, destacando la importancia de documentar el contexto geográfico y ambiental de cada muestra.
- Realizar un análisis previo de posibles fuentes de microplásticos cercanas, como industrias, zonas residenciales y áreas recreativas.

4. Laboratorio Real: Análisis de Microplásticos

El alumnado podría analizar las muestras recolectadas en un laboratorio real, empleando diversas técnicas de separación y análisis.

- **Filtración y Preparación de Muestras:**

- Utilización de coladores de malla fina para separar partículas visibles en agua y arena, colocando los residuos en bandejas de Petri.
- Limpieza de las muestras con alcohol isopropílico para eliminar contaminantes no plásticos y facilitar la observación.

- **Observación con Microscopios:**

- Se podrían examinar las partículas bajo el microscopio, identificando microplásticos según forma, color y tamaño.



- Se podría hacer uso de técnicas de tinción para diferenciar materiales plásticos de otros sedimentos.
- **Cuantificación y Clasificación:**
 - Clasificación de los microplásticos por tipo (fibras, fragmentos, esferas) y puesta en común de los resultados para análisis comparativo entre grupos.

5. Análisis de Resultados y Discusión Interdisciplinaria

Los resultados del laboratorio se discuten desde un enfoque multidisciplinario, conectando los hallazgos con los ODS.

- **Ciencias Naturales:** Análisis de la prevalencia de microplásticos y su posible origen, discutiendo cómo la degradación de plásticos contribuye a la contaminación.
- **Geografía:** Evaluación de los factores geográficos que pueden influir en la concentración de microplásticos, como corrientes y proximidad a áreas urbanas.
- **Ética y Ciudadanía:** Reflexión sobre la responsabilidad social y ética frente al problema, planteando posibles políticas y cambios en el comportamiento individual y colectivo.

6. Actividad de Innovación y Prototipado Tecnológico

Se fomenta la creatividad tecnológica para buscar soluciones prácticas. Podrían formarse grupos para distintas actividades para luego ponerlas en común. Podrían ser las siguientes

- **Diseño de Filtros:** El alumnado tiene que diseñar y probar distintos prototipos de filtros que se les ocurran para reducir o evitar la liberación de microfibras en el agua, utilizando materiales comunes.
- **Creación de Campañas de Sensibilización:** En grupos deben de desarrollar campañas educativas y formativas que promuevan la reducción del uso de plásticos, utilizando herramientas digitales para crear contenido multimedia para plataformas sociales.
- **Análisis de Bioplásticos:** Realizar una presentación sobre bioplásticos como alternativa a los plásticos actuales, comentando la viabilidad de los mismos y comparándolos con los plásticos que se están empleando hoy en día.

7. Presentación de Propuestas y Evaluación Final

Para finalizar, se propondría realizar otros grupos donde el alumnado presente un resumen de todo lo visto en este bloque. Los informes que realicen los grupos tendrían que contener, tanto los resultados de las distintas actividades, el procedimiento para obtenerlos. Además de ellos tendrían que hacer un análisis ético y social respecto a los resultados obtenidos, los conocimientos que han adquirido y propuestas que se les ocurran.

También tendrían que hacer una reflexión sobre los objetivos de desarrollo sostenible, enfocándose en lo que se han tratado y proponer distintas acciones para poder conseguirlos.

Posteriormente, cada grupo haría una exposición oral, defendiendo sus propuestas ante el resto de los compañeros apoyados con material elaborado por ellos, carteles, presentaciones, videos...

Finalmente se organizaría un debate sobre las implicaciones de las acciones propuestas y la viabilidad de su implementación.

Tras todo esto se realizaría una breve reflexión personal donde el alumnado analizaría su aprendizaje y reflexionaría sobre su papel como futuros ciudadanos responsables en la lucha contra la contaminación por plásticos.

8. Rúbrica para evaluar al alumnado

1. Conocimiento Científico	Dominio sólido de los microplásticos, su origen y efectos; explica con claridad y de manera crítica.	Comprensión adecuada del tema con algunas imprecisiones; explicaciones claras.	Conocimiento básico, con varios errores conceptuales ; explicaciones poco profundas.	Dificultades para comprender conceptos clave; explicaciones confusas o incorrectas.
2. Laboratorio (Real y Virtual)	Uso autónomo y correcto de herramientas de laboratorio y virtuales; análisis detallado.	Manejo adecuado de equipos y laboratorios con algunas correcciones; buen análisis de datos.	Completa las prácticas con apoyo frecuente y algunos errores en procedimientos; análisis limitado.	Problemas importantes en las prácticas y manejo de equipos; análisis incompleto.

3. Integración Interdisciplinaria	Conecta de manera efectiva conocimientos de ciencias, geografía, ética, y tecnología; enfoque holístico del problema.	Conecta áreas con coherencia, aunque algunas relaciones son menos claras o necesitan más desarrollo.	Integración de disciplinas básica, con conexiones superficiales y poco justificadas.	No logra integrar disciplinas de manera coherente; falta claridad en las relaciones.
4. Relación con los ODS	Relaciona claramente los hallazgos con los ODS; propone acciones alineadas a estos objetivos.	Menciona los ODS de forma adecuada; propuestas relevantes, pero menos detalladas.	Conexiones superficiales con los ODS; acciones sugeridas poco desarrolladas.	No relaciona correctamente con los ODS o conexiones incorrectas; sin propuestas claras.
5. Innovación y Prototipado Tecnológico	Propone soluciones creativas y técnicamente viables; prototipos bien diseñados y evaluados.	Ideas creativas y funcionales, aunque con menos detalle o viabilidad técnica.	Soluciones básicas con mínima innovación; propuestas sin creatividad.	Propuestas simples y sin innovación; falta de consideración técnica y creatividad.
6. Presentación y Comunicación	Presentación estructurada y convincente; uso efectivo de recursos visuales; respuestas críticas y completas.	Presentación clara con estructura definida; usa recursos visuales, aunque con menor impacto.	Presentación básica y con poca argumentación; recursos visuales limitados.	Presentación desorganizada, sin claridad ni recursos visuales; dificultad para responder.

7. Reflexión Ética y Social	Reflexiona profundamente sobre la responsabilidad social y ética; acciones bien definidas.	Reflexión adecuada sobre responsabilidad ética; acciones sugeridas, pero menos desarrolladas.	Reflexión ética limitada y propuestas de acción básicas.	Falta reflexión crítica y propuestas de acción son inadecuadas o ausentes.
8. Trabajo en Equipo y Colaboración	Excelente colaboración; equidad en tareas y respeto mutuo; integración efectiva de ideas.	Buena colaboración; pequeñas dificultades en la distribución de tareas.	Participación desigual; dificultades en la integración de ideas y habilidades del equipo.	Participación limitada; conflictos en la comunicación; integración de ideas ineficaz.

5. Conclusiones

Los plásticos y microplásticos son un tema de gran actualidad e importancia por diversos motivos. Ya sea por la utilidad y lo indispensables que son en el día a día del mundo o bien por la contaminación que producen. Por estas causas, la comunidad educativa no se puede quedar al margen de esta problemática.

La comunidad educativa tiene que ayudar a crear una conciencia ambiental, es decir, que enseñe al estudiantado sobre el impacto ambiental de los plásticos y fomentar una mayor conciencia de lo implica su uso y la responsabilidad que se adquiere al emplearlos con respecto al entorno.

Hay que enseñar al alumnado como estos residuos afectan a los ecosistemas y a la biodiversidad del planeta para poder formar personas con sólidamente comprometidos con la sostenibilidad del planeta

Además de problemas medioambientales, el uso de los plásticos genera microplásticos, los cuales, no solo contaminan el planeta, si no que también se meten en las cadenas alimentarias de todos los seres, con los consecuentes efectos negativos en la salud de los animales y, por supuesto, también de los hombres.

Formar al alumnado en la adquisición de hábitos más sostenibles como reducir el uso de plásticos, reciclar y optar por alternativas más ecológicas es clave para reducir la contaminación plástica a largo plazo

Todos estos puntos harían pensar que hay una gran cantidad de artículos que versan sobre los microplásticos en la educación, pero nada más lejos de la realidad. Ha sido difícil encontrar artículos que versen sobre este tema, lo cual hace pensar que queda mucha bibliografía que desarrollar para poder cubrir las necesidades del alumnado en este sentido

Finalmente tuvimos que ampliar la búsqueda a artículos que contuvieran plásticos y microplásticos, cuando nuestra propuesta original era solo tratar artículos que trataran los microplásticos en la educación

Respecto a los criterios seleccionados para realizar la rúbrica, se ha comprobado que hay varios enfoques que en la mayoría de los artículos no se tienen en cuenta o no se les otorga la importancia necesaria. A pesar de que la gran mayoría ha obtenido resultados positivos, hay muy pocos artículos que tengan notas buenas o excelentes (solo uno)

El enfoque interdisciplinar, es una herramienta que se ha demostrado muy eficaz para el estudiantado. Integrar los conocimientos y métodos de varias disciplinas para tratar temas desde varios puntos de vista, de una manera más compleja y con mayores índices de retención de conocimientos a largo plazo. De este modo, el estudiantado consigue conectar conceptos y diversas habilidades lo

que crea un aprendizaje más rico y significativo. Consiguen de esta manera una habilidad crítica mayor, un fortalecimiento del pensamiento analítico, se promueve la creatividad y la resolución de problemas difíciles

La ausencia de este enfoque genera muchas carencias en el alumnado y por todo lo comentado anteriormente, creemos que es muy importante otorgarle la importancia que tiene a este enfoque.

El otro gran olvidados ha sido el tratamiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, un tema que desde las leyes educativas están incentivando a que se tengan en cuenta. El tratamiento de estos objetivos en el instituto es fundamental para preparar a los estudiantes como ciudadanos globales comprometidos con un futuro sostenible.

AL no introducir estos temas en el currículo, el alumnado no logrará desarrollar una comprensión adecuada de los problemas globales que existen, ni se fomentará una conciencia social y ambiental. Formar al alumnado sobre los ODS fomenta el desarrollo de habilidades críticas como el pensamiento analítico, tan propio de los científicos. Además, promoverá la resolución de problemas y el espíritu colaborativo para poder enfrentar los desafíos del siglo XXI.

6. Actualización / Revisiones

Sería interesante realizar revisiones periódicas para comprobar si se van reduciendo los déficits que se han detectado en esta revisión sistemática con el tiempo. Tanto en la cantidad de los estudios que tratan la temática de los plásticos en general como de los plásticos en particular.

También sería interesante evaluar de qué manera van evolucionando la forma en la que los artículos didácticos del mundo de la ciencia van tratando tanto el enfoque interdisciplinar como los objetivos de desarrollo sostenible, para dar evaluar que se está yendo en el camino correcto para dar una formación de mayor calidad por un lado y formar ciudadanos conscientes de la problemática que les rodea por otro

7. Referencias

Akleman, E., Barroso, L., Capraro, M. M., Creasy, T., Fleming, K., He, W., Hong, L. and Williams, A. M. (2019). Recycling Plastics: Middle School Students Create Solutions During a Summer Camp. *European Journal of STEM Education*, 4(1), 10. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/6341>

Ayverdi, L., Sahin, E. & Sari, U. (2023), A STEM activity for gifted students: biodegradable smart packaging design through physical computing. *Journal of Inquiry Based Activities*, 13(1), 54-79
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1388702.pdf>

Baqués, V., Cantarero, I., Playà, E., Lería, M, de Haan W. & Travé, A. (2020). Guía educativa: Microplásticos (versión en español). Universitat de Barcelona.
https://www.ub.edu/sedimentary-geology/wp-content/uploads/2023/01/2-Educator-guide_microplastics_Spanish_VB.pdf

Bergamotti, D. & Semeghini, P. T. (2023, Junio 27). Tap water versus bottled water. *Science in School*. <https://www.scienceinschool.org/article/2023/tap-water-versus-bottled-water/>

Boyd, D. A. (2021). Safer and greener polymer demonstrations for STEM outreach. *ACS Polymers Au*, 1(2), 67-75. <https://doi.org/10.1021/acspolymersau.1c00019>

Corcoran, E. R., Lydon, C., Enright, M. C., Buenaflor, J. P., Anderson, K., & Wissinger, J. E. (2022). Thirst for a solution: Alginate biopolymer experiments for the middle and high school classroom. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1021-1025. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00905>

Cossu, C., Deckx, N., Hermans, S. & Mura, C. (2019). *Growing plastic: Una guía educativa sobre los plásticos en el medio ambiente*. European Schoolnet.
https://storage.eun.org/resources/upload/959/20190621_123125904_959_23019_Growing_plastic_ES_Scx_Final.pdf

Dalu, M.T.B.; Cuthbert, R.N.; Muhali, H.; Chari, L.D.; Manyani, A.; Masunungure, C.; Dalu, T. Is Awareness on Plastic Pollution Being Raised in Schools? Understanding Perceptions of Primary and Secondary School Educators. *Sustainability* 2020, 12, 6775. <https://doi.org/10.3390/su12176775>

Forakis, J., Johnston, B., & March, J. L. (2024). A CURE for microplastics: Introducing first-year honors students to environmental chemistry through

undergraduate research. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 420-428.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00730>

Kerscher, U. (2019). Towards a sustainable future? The EU policies concerning plastics and their didactical potential for primary and secondary teaching.

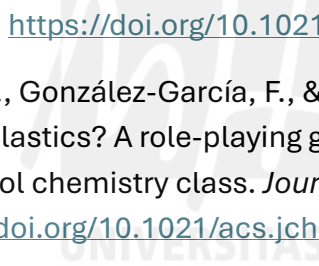
Discourse and Communication for Sustainable Education, 10(1), 1-15.

<https://doi.org/10.2478/dcse-2019-0005>

Knutson, C. M., Hilker, A. P., Tolstyka, Z. P., Anderson, C. B., Wilbon, P. A., Mathers, R. T., Wentzel, M. T., Perkins, A. L., & Wissinger, J. E. (2019). Dyeing to degrade: A bioplastics experiment for college and high school classrooms. *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2565-2573.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00461>

Lim, Y. J., Wong, B., Macfee, K., Cueva, A., Martinez, E. A., Paxton, C., Barnes, R., Kleinsasser, E., & Williams, T. J. (2024). A polymer degradation and remanufacturing experiment in the high school classroom. *Journal of Chemical Education*, 101(1), 131-135.



<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00692>

López-Fernández, M. del M., González-García, 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*,

98(12), 3947-3956. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00580>

Majcen, A., Tassoti, S., & Spitzer, P. (2023). Lighting up for learning—Fluorescence analysis of microplastic particles by secondary school students using Nile Red.

Journal of Chemical Education, 100(10), 4007-4012.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00370>

Obaya-Valdivia, A., López-Acosta, D., Montaña-Osorio, C., & Vargas-Rodríguez, Y. M. (2023). Implementing a didactic strategy for teaching recyclable plastic polymers in high school education. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 12(8).

<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED631721.pdf>

Olteanu, R. L., & Gorghiu, G. (2023). Increasing the students' interest in science by implementing a science action dedicated to plastics biodegradability. In V.

Lamanauskas (Ed.), *Science and technology education: New developments and innovations. Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2023)* (pp. 162-172). Scientia Socialis Press.

<https://doi.org/10.33225/BalticSTE/2023.162>

Practical Action. (s.f.). Plastics challenge. Practical Action.

<https://practicalaction.org/schools/plastics-challenge/>

Rowe, L., Kubalewski, M., Clark, R., Statza, E., Goyne, T., Leach, K., & Peller, J. (2019). 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. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00392>

Sánchez Sánchez-Cañete, F. J. (2018). *La contaminación por plásticos*. Editorial Bubok

<https://www.miteco.gob.es/fr/ceneam/recursos/materiales/contaminacion-plasticos.html>

Schiffer, J. M., Lyman, J., Byrd, D., Silverstein, H., & Halls, M. D. (2020). Microplastics outreach program: A systems-thinking approach to teach high school students about the chemistry and impacts of plastics. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 137-142. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00249>

Thiya Mukherjee, T., Lerma-Reyes R., Thompson K. A. & Schrick K. (2019). Making Glue from Seeds and Gums: Working with Plant-Based Polymers to Introduce Students to Plant Biochemistry. *Wiley Online Library*, 47(4), 468–475.

<https://doi.org/10.1002/bmb.21252>