



TRABAJO FIN DE MÁSTER
**ECO-DETECTIVES:
UN PROYECTO DE
CIENCIA CIUDADANA
PARA SALVAR LA
NATURALEZA**

Estudiante: José Ramón Martínez Guillén

Especialidad: Física y Química

Tutor/a: Rosa Martínez Martínez

Curso académico: 2023-24



ÍNDICE

1. Resumen y palabras clave	2
2. Introducción.....	3
3. Revisión bibliográfica	5
4. Propuesta.....	26
5. Conclusiones	30
6. Referencias	32
7. Anexos	35





1. Resumen y palabras clave

Resumen Ejecutivo

Este Trabajo de Fin de Máster, titulado "Eco-Detectives: Un Juego de Ciencia Ciudadana para Salvar la Naturaleza", se enfoca en la educación ambiental y la participación comunitaria mediante la Ciencia Ciudadana. El proyecto involucrará a estudiantes de Institutos de Educación Secundaria de Elche en la identificación y documentación de residuos en entornos naturales. Utilizando una metodología participativa, los estudiantes subirán fotografías e información sobre residuos encontrados en diversos entornos, creando un mapa cronológico interactivo de la contaminación. Este enfoque busca no solo recolectar datos valiosos sobre la contaminación, sino también sensibilizar a los estudiantes y la comunidad sobre la importancia de la gestión adecuada de residuos. El proyecto tiene el potencial de ser una herramienta educativa a nivel nacional, contribuyendo significativamente a la conservación ambiental y la educación.

Palabras clave: *Ciencia Ciudadana, Educación ambiental, Gestión de residuos, Participación comunitaria, Sensibilización, Conservación ambiental, Documentación de residuos, Mapas interactivos, Estudiantes de secundaria, Contaminación.*

Executive Summary

This Master's Final Project, titled "Eco-Detectives: A Citizen Science Game to Save Nature", focuses on environmental education and community participation through citizen science. The project involves students from Secondary Education Institutes in Elche in identifying and documenting waste in natural environments. Using a participatory methodology, students will upload photographs and information about waste found in various settings, creating an interactive chronological map of pollution. This approach aims not only to collect valuable data on pollution but also to raise awareness among students and the community about the importance of proper waste management. The project has the potential to become a national educational tool, significantly contributing to environmental conservation and education.

Keywords: *Citizen science, Environmental education, Waste management, Community participation, Awareness, Environmental conservation, Waste documentation, Interactive maps, Secondary school students, Pollution.*

2. Introducción

En el ámbito de la educación y la sensibilización medioambiental, la Ciencia Ciudadana emerge como una herramienta poderosa para involucrar a la Comunidad Científica en la recopilación y análisis de datos relevantes para la investigación académica y científica. Este enfoque no solo democratiza la ciencia, sino que también fomenta un mayor entendimiento y compromiso con los problemas ambientales.

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) se sitúa en la aplicación a la Educación de la participación comunitaria en el ámbito de la conservación ambiental, buscando el desarrollo de una propuesta de proyecto de Ciencia Ciudadana que involucre a los estudiantes de los Institutos de Educación Secundaria de Elche, y potencialmente de la provincia de Alicante, en la identificación y documentación de residuos en entornos naturales (**Figura 1**). Este proyecto pretende ser una herramienta educativa y de sensibilización ambiental, donde los estudiantes actúan como "detectives" investigando la problemática de la "basuraleza" – término que se refiere a la basura en la naturaleza.

La propuesta se basará en la participación activa de los estudiantes, quienes subirán fotografías e información sobre los tipos de residuos que encuentren durante sus visitas a bosques, parques naturales, montañas, playas, ríos, y otros entornos naturales. Esta información, junto con datos sobre la descomposición de los residuos y su impacto ambiental, será utilizada para crear un mapa cronológico interactivo que refleje la cantidad y el tipo de residuos en diferentes localidades y su evolución temporal.



Figura 1: Voluntario recogiendo residuos habituales en entornos naturales, como son los plásticos. Fuente: <https://conflictosmundiales.blogspot.com/2021/02/la-contaminacion-microplastica-en-la.html>. Autor desconocido, licencia CC BY-NC.



El enfoque de la propuesta final no solo buscará recopilar datos valiosos sobre la contaminación en entornos naturales, sino también concienciar a los estudiantes y la comunidad sobre la importancia de reducir, reciclar y gestionar adecuadamente los residuos. Además, este proyecto tiene el potencial de convertirse en una herramienta a nivel nacional, contribuyendo significativamente a la conservación del medio ambiente y la educación ambiental.

Para conseguir llegar al planteamiento de esta propuesta, por tanto, se propone el siguiente objetivo general:

Objetivo general del Trabajo:

- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre artículos de Ciencia Ciudadana que traten el tema de la contaminación en espacios naturales, evaluar sus beneficios y sus limitaciones y extraer información general para presentar una propuesta propia para estudiantes relacionada con la contaminación en espacios naturales.



3. Revisión bibliográfica

3.1. Método

Para cumplir con el objetivo general del Trabajo y poder realizar un análisis exhaustivo de la documentación relacionada con la temática de interés, en primer lugar, se ha recurrido a la búsqueda de artículos científicos relacionados con proyectos de Ciencia Ciudadana en bases de datos como *Scopus* o *Google Scholar*. Se han seleccionado artículos que cubren una amplia gama de estudios sobre la identificación, clasificación y efectos de los residuos en entornos naturales, así como la participación ciudadana en la recolección y análisis de datos ambientales.

Una vez obtenidos los artículos sobre los que basar la propuesta final de Proyecto de Ciencia Ciudadana, se realiza una lectura crítica y detallada de los mismos para extraer información relevante y significativa. Los criterios de inclusión se basaron en la pertinencia del contenido, la aplicabilidad de los resultados a la problemática de la *basuralidad* y su análisis a través de proyectos de Ciencia Ciudadana.

3.2. Revisión

En total, se han incluido veinte artículos de interés, que posteriormente han sido clasificados de la siguiente manera (**Figura 2**):

Proyectos de Ciencia Ciudadana basados en la problemática de los residuos.

Plásticos y Microplásticos.

- Microplásticos en arroyos y ríos (León-Muez et al., 2020; Forrest et al., 2019).
- Microplásticos en lagos glaciares (Godoy et al., 2022).
- Microplásticos en aves (Deoniziak et al., 2022).
- Microplásticos en sistemas acuáticos (Vasanth Raman et al., 2023).
- Plásticos en entornos acuáticos (Rambonnet et al., 2019; Scardino et al., 2022; Clark et al., 2023).
- Plásticos en entornos montañosos (Özbek et al., 2023).

Residuos marinos o en entornos acuáticos.

- Residuos en entornos marinos (Honorato-Zimmer et al., 2019; Zorzo et al., 2021; Merlino et al., 2021; Willis et al., 2022; De Veer et al., 2023).
- Residuos distintos a plásticos y microplásticos en ríos (Kiessling et al., 2019).
- Productos farmacéuticos y de cuidado personal en entornos acuáticos (Wilkinson et al., 2024).
-

Proyectos basados en residuos con colaboración de estudiantes.

- Microplásticos analizados por estudiantes de secundaria (Collier et al., 2023).
- Residuos marinos analizados por estudiantes de colegio y secundaria (Bouzekry et al., 2022; Locritani et al., 2019).
- Ciencia Ciudadana a través de estudiantes universitarios (Casado-Mansilla, n.d.)

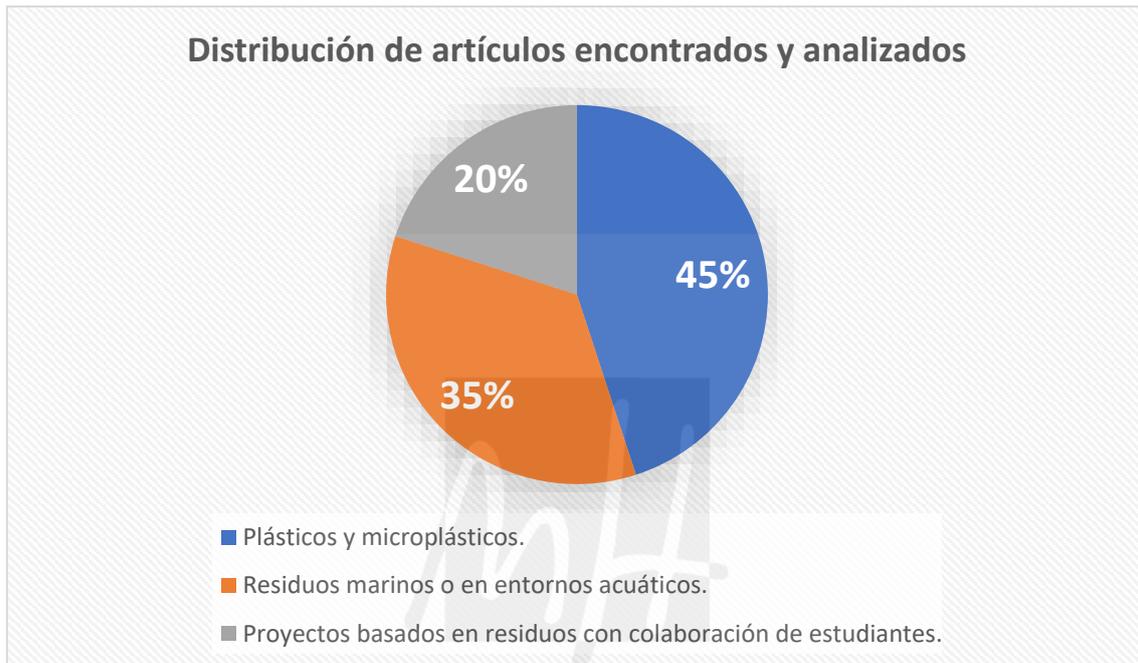


Figura 2: Distribución de artículos analizados. Atribución propia.

Análisis de los resultados de la revisión bibliográfica mediante metodología DAFO.

A continuación, se comentan los artículos científicos encontrados y analizados, tratando de realizar un análisis de sus **Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (Análisis DAFO)**. De esta manera, al extraer de los mismos esta serie de puntos positivos y puntos negativos, posteriormente se podrá realizar una propuesta razonable de Proyecto de Ciencia Ciudadana propia y particular.

Estudios sobre Ciencia Ciudadana desarrollados en España.

1. En primer lugar, se encontró el artículo "Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular" (León-Muez et al., 2020), que presenta los resultados de una campaña pionera de muestreo realizada durante 2019 y 2020 en 157 cuerpos de agua en España. Esta investigación, impulsada por la Asociación Hombre y Territorio y el Proyecto LIBERA en colaboración con SEO/BirdLife, tenía como objetivo identificar y cuantificar la presencia de microplásticos en ríos y arroyos, especialmente

en áreas importantes para la conservación de aves y la biodiversidad. Utilizando técnicas de filtrado y análisis mediante espectroscopía infrarroja, el estudio reveló que más del 70% de las muestras contenían microplásticos, principalmente fibras, fragmentos y películas, y se identificaron hasta 33 polímeros diferentes. Los hallazgos subrayan la magnitud del problema de la contaminación por microplásticos en los ecosistemas acuáticos de España y la necesidad de continuar con estudios de monitoreo y estrategias de mitigación.

Análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO):

Categoría	Descripción
Debilidades	- Dificultad para capturar microplásticos con flotabilidad negativa, lo que podría subestimar la contaminación total.
	- Dependencia de recursos y financiamiento para mantener y expandir el estudio.
Amenazas	- Posibles cambios en las políticas gubernamentales que podrían afectar el financiamiento y el apoyo para la investigación continua.
	- Incremento continuo en la producción de plásticos y su gestión inadecuada podría agravar el problema de la contaminación.
Fortalezas	- Primera campaña extensiva en España que establece una base de datos robusta sobre microplásticos.
	- Colaboración entre múltiples organizaciones y universidades que aportan una perspectiva interdisciplinaria.
	- Metodología adaptable y versátil, accesible a diversos sectores de la sociedad.
Oportunidades	- Potencial para influir en políticas ambientales y en la actualización de normativas como la Directiva Marco del Agua de la UE.
	- Fomentar la concienciación pública y la participación en proyectos de Ciencia Ciudadana.

2. En otro estudio desarrollado en España (Zorzo et al., 2021), se aborda la integración de datos sobre residuos marinos recolectados en playas españolas mediante programas de monitoreo oficiales y Ciencia Ciudadana. Los datos provienen del Programa Oficial de Monitoreo de Residuos Marinos en Playas, gestionado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y del Programa de Ciencia Ciudadana, que incluye iniciativas voluntarias como la plataforma MARNOPA. Aunque ambos programas han sido analizados por separado, su integración podría mejorar la evaluación del estado de las playas en relación con la basura marina. La integración de estos datos no solo permite una mejor representatividad geográfica, sino que también facilita la implementación de estrategias más efectivas para la reducción de basura marina.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Los datos obtenidos por los ciudadanos pueden variar en calidad, aunque se implementen controles.
	- Existen discrepancias en los métodos de recolección y categorización de datos entre los programas oficiales y los de Ciencia Ciudadana.
Amenazas	- Eventos climáticos extremos pueden aumentar la cantidad de residuos, complicando la evaluación consistente de los datos.
	- La recopilación de datos depende de la disponibilidad y la motivación de los voluntarios, lo cual puede ser una variable difícil de controlar.
Fortalezas	- La integración de datos permite abarcar más playas, mejorando la representatividad espacial.
	- Fomento del involucramiento de la ciudadanía, aumentando la conciencia ambiental.
	- La utilización de herramientas tecnológicas, como la aplicación MARNOBA, facilita la recolección de datos de manera sistemática.
Oportunidades	- La combinación de datos oficiales y de Ciencia Ciudadana puede proporcionar una evaluación más precisa del estado de las playas en relación con la basura marina.
	- Datos más precisos y representativos pueden ayudar a diseñar políticas más efectivas para la reducción de basura marina.

3. El artículo "La investigación-acción y la Ciencia Ciudadana como enfoques inspiradores de la acción climática en entornos universitarios" (Casado-Mansilla, n.d.) explora un modelo de innovación pedagógica que combina la investigación-acción y la Ciencia Ciudadana para abordar la crisis climática desde el ámbito universitario. Este enfoque se implementó en la Universidad de Deusto a través de un proyecto que buscaba sensibilizar a los estudiantes sobre el impacto de sus hábitos cotidianos en el medio ambiente, especialmente en la calidad del aire. El proceso se estructura en varias fases: análisis del problema, diseño del proyecto, creación de comunidad, gestión de datos y evaluación continua. Inspirado en el proyecto europeo SOCIO-BEE, el modelo promueve la colaboración y la inteligencia colectiva para desarrollar soluciones sostenibles y comportamientos ecológicamente responsables. Se destaca la importancia de integrar a la comunidad en la investigación científica y la educación, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 13 sobre Acción Climática.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Falta de experiencia previa de los participantes y necesidad de una infraestructura adecuada para el seguimiento de los datos.
	- Dependencia de la motivación y compromiso de los estudiantes, que pueden fluctuar, afectando la continuidad de los proyectos.
Amenazas	- Desafíos legales y éticos: gestión de datos personales y de propiedad intelectual.
	- Resistencia al cambio dentro de la Comunidad Educativa, que puede obstaculizar la adopción de nuevos enfoques pedagógicos.
Fortalezas	- Fomento de la inteligencia colectiva, generación de soluciones innovadoras y prácticas para problemas ambientales complejos.
	- Aprendizaje significativo y aplicado, aumentando la motivación y la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas reales.
Oportunidades	- Alinear los programas académicos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente en áreas como la acción climática.
	- Fortalecer los vínculos entre la universidad y la comunidad local, promoviendo una mayor responsabilidad social y sostenibilidad ambiental.

4. Por último, en cuanto a los artículos encontrados en España, se tiene un estudio de 2022 (Godoy et al., 2022) en el que se estudió de nuevo la contaminación por microplásticos. Como es conocido, los microplásticos son una amenaza global significativa para la salud animal y humana. Este estudio, que formó parte de una iniciativa de Ciencia Ciudadana, investigó por primera vez la presencia de microplásticos en la superficie de 35 lagos glaciares del Parque Nacional de Sierra Nevada, donde se identificaron partículas de microplásticos en la mayoría de ellos, con abundancias comparables a las de los lagos más contaminados del mundo. La abundancia de microplásticos, particularmente de partículas menores de 45 μm , estuvo asociada a la presencia de praderas cercanas a los lagos, lo que sugiere que la contaminación es potencialmente atribuible a las actividades humanas recreativas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de mejorar la gestión de residuos e implementar políticas para reducir la contaminación por microplásticos y fomentar el uso de bioplásticos degradables.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Dificultades en la identificación precisa de microplásticos menores de 45 μm sin el uso de filtros de bajo tamaño de poro, lo que puede llevar a subestimaciones.

	- La relación entre la abundancia de microplásticos y la presencia de praderas alrededor de los lagos sugiere que algunos factores antropogénicos no están siendo controlados.
Amenazas	- La contaminación en áreas de difícil acceso, como lagos de montaña, puede pasar desapercibida, permitiendo que el problema persista y crezca sin intervención.
	- Las actividades recreativas humanas contribuyen a la contaminación por microplásticos, lo que puede aumentar con el turismo y las actividades al aire libre.
	- La acumulación de microplásticos en cuerpos de agua que alimentan reservorios de agua potable plantea preocupaciones serias la salud pública.
Fortalezas	- Amplia recolección de datos, involucrando a la comunidad y proporcionando información valiosa sobre la contaminación.
	- La evidencia recopilada sirve como base para implementar prácticas de conservación efectivas y mejorar las regulaciones ambientales en áreas protegidas, así como en la formulación de políticas y mejores prácticas en la gestión de residuos.
Oportunidades	- Promoción de regulaciones más estrictas en la gestión de residuos en áreas naturales protegidas, basadas en la evidencia científica.
	- Fomentar el uso de bioplásticos degradables para reducir la contaminación por microplásticos y apoyar una economía circular más sostenible.
	- Concienciar sobre la contaminación por microplásticos en áreas recreativas puede ayudar a mitigar el impacto de las actividades humanas.

Estudios sobre Ciencia Ciudadana desarrollados a nivel internacional.

5. En cuanto a artículos internacionales, se encuentra el de Forrest, Holman y su equipo, en el año 2019 (Forrest et al., 2019), en el que realizaron un estudio desarrollado en el Río Ottawa que implicó a diversos ciudadanos para la monitorización de microplásticos a lo largo de aproximadamente 550 km de este río canadiense. Utilizando una metodología sencilla, los voluntarios y voluntarias filtraron 100 litros de agua con una malla de 100 µm en ubicaciones de su elección, donde se descubrió que casi todas las muestras contenían microplásticos. El proyecto demostró varias ventajas significativas, como la amplia cobertura geográfica a bajo coste y el fuerte compromiso público. Sin embargo, también enfrentó desafíos, como errores en el etiquetado de muestras y limitaciones en el volumen de agua muestreado. Las conclusiones resaltaron la importancia de aumentar el volumen de agua filtrada para obtener estimaciones más precisas, utilizar controles de campo y laboratorio para medir la contaminación atmosférica y mantener el interés y la participación de los voluntarios. A pesar de estos

desafíos, la Ciencia Ciudadana se mostró como una herramienta efectiva y económica para la monitorización de microplásticos, aumentando la conciencia pública sobre la contaminación de los ecosistemas acuáticos y fomentando una mayor implicación comunitaria.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Voluntarios cometieron errores al etiquetar incorrectamente muestras como controles.
	- Volumen de muestreo limitado, al filtrar solo 100 litros de agua, lo que podría no ser representativo.
	- Potencial contaminación de muestras por microfibras en el aire, requiriendo controles adicionales.
Amenazas	- Disminución de la participación voluntaria.
	- Errores humanos pueden afectar la calidad de los datos.
	- Diferencias en cómo los voluntarios recolectan datos pueden afectar la consistencia de los resultados.
Fortalezas	- La participación de voluntarios permitió cubrir un extenso tramo del río Ottawa.
	- Aumento de la conciencia sobre la contaminación por microplásticos.
	- El uso de una red ya establecida de voluntarios minimizó los costes adicionales.
Oportunidades	- Uso de métodos alternativos para filtrar más agua y obtener datos más precisos.
	- Definición de protocolos uniformes para la recolección de muestras.
	- Los voluntarios pueden aumentar la concienciación en sus comunidades sobre la problemática de los microplásticos.

6. El proyecto SEACleaner, también del año 2019 (Locritani et al., 2019), orientado a la Ciencia Ciudadana, evaluó cómo la participación de estudiantes de secundaria en la monitorización de residuos marinos influye en su percepción y comportamiento hacia la contaminación por basura en el mar Mediterráneo. A través de cuestionarios administrados a 87 estudiantes antes y después de su participación en actividades de monitoreo de macro- y micro-residuos, se observó un cambio significativo en su comprensión de las causas y problemas derivados de la basura en las playas. Los estudiantes mejoraron su conocimiento sobre las fuentes de residuos marinos y el papel del mar en el transporte y deposición de estos residuos a lo largo de la costa. El estudio subraya la efectividad de la Ciencia Ciudadana no solo en la recolección de datos ambientales, sino también en la educación y sensibilización de los jóvenes sobre

problemas medioambientales críticos. Sin embargo, se identificaron desafíos, como la falta de continuidad en la colaboración por parte de los profesores. Futuros estudios podrían incluir grupos de control y evaluar la percepción en diferentes rangos de edad para comparar la efectividad con métodos educativos tradicionales.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Falta de continuidad de los profesores tras el periodo de prácticas.
	- Diferencias en la percepción y el conocimiento sobre la basura marina entre estudiantes de diferentes edades.
Amenazas	- La carga adicional o la complejidad puede desalentar a los estudiantes o profesores.
	- El éxito del proyecto depende en gran medida del compromiso continuo. Los profesores estudiantes y sus familiares podrían perder interés en la problemática después de la actividad inicial.
Fortalezas	- Adquisición de mayor conciencia y conocimiento sobre la contaminación por residuos marinos.
	- Participación directa de los estudiantes en actividades de campo, lo que mejora su comprensión y conexión con el problema desde una perspectiva educativa y científica.
Oportunidades	- Expansión a diferentes grupos de edad para enriquecer el análisis.
	- Desarrollar estrategias para mantener a los participantes involucrados durante todo el proyecto.
	- Desarrollo de materiales educativos adaptados, accesibles y atractivos para estudiantes de diferentes edades.

7. Otro artículo de 2019 (Rambonnet et al., 2019) aborda así mismo la importancia y desafíos de los proyectos de Ciencia Ciudadana centrados en la contaminación por plásticos en entornos acuáticos. Estos proyectos son esenciales para recopilar datos a gran escala y fomentar la concienciación pública sobre el problema. El estudio destaca que definir claramente los objetivos del proyecto, simplificar los protocolos, garantizar el control de calidad y mantener la participación de los voluntarios son elementos clave para el éxito. Además, recomienda la colaboración interdisciplinaria y sugiere involucrar a expertos en políticas para maximizar el impacto en la legislación. El artículo proporciona un marco de recomendaciones para desarrollar o mejorar proyectos de Ciencia Ciudadana en este campo.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Calidad inconsistente de datos por falta de experiencia de los voluntarios.

	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de protocolos simples y estandarizados para evitar errores en la recolección de datos. - Mantenimiento del interés y participación de los voluntarios. - Limitaciones en la publicación de resultados en revistas científicas de alto impacto por dudas sobre la robustez de los datos recopilados.
Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> - Posible falta de continuidad en la participación de los voluntarios a largo plazo. - Dificultades en influir en las políticas públicas a pesar de la recolección de datos relevantes.
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia cobertura geográfica y temporal gracias a la participación pública. - Reducción de costes en comparación con métodos de recolección de datos más tradicionales. - Aumento de la conciencia ambiental entre participantes y comunidad.
Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de involucrar a la comunidad en la solución de problemas ambientales, aumentando la conciencia pública. - Capacidad para influir en políticas públicas mediante la demostración del alcance y la gravedad de la contaminación. - Mejora de la calidad de los datos mediante la formación en tecnologías avanzadas para la recolección de datos.

8. En el siguiente artículo, también de 2019 (Kiessling et al., 2019), se utilizó un enfoque de Ciencia Ciudadana para investigar la basura en las orillas de los ríos en Alemania, involucrando a estudiantes de escuelas en la recolección de datos en más de 250 puntos de muestreo. Los resultados mostraron que la basura en las orillas de los ríos está dominada por plásticos y colillas de cigarrillos, en su mayoría dejados por visitantes recreativos. En muchos sitios, se encontraron acumulaciones de basura, y casi todos los lugares contenían desechos potencialmente peligrosos para la salud humana, como vidrio roto y objetos metálicos afilados. El estudio destaca la necesidad urgente de medidas educativas y políticas para proteger los entornos y reducir la contaminación fluvial que llega al mar. Las conclusiones sugieren que futuras investigaciones deben explorar más a fondo cómo las características de los sitios de muestreo influyen en la densidad y distribución de la basura y cómo esta afecta la vida silvestre y a las personas.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> - La experiencia variada de los estudiantes puede afectar la consistencia de los datos. - El estudio no profundiza en la relación entre la basura en la orilla y la basura dentro del río.

	- No se comparó con métodos de recolección de basura en playas y costas.
Amenazas	- Potencial resistencia de los visitantes recreativos a modificar sus hábitos de desecho de basura.
	- Riesgo de que las medidas políticas propuestas no sean adoptadas o implementadas efectivamente.
	- Incremento potencial de la contaminación si no se aplican medidas efectivas.
	- Continuación de riesgos de salud pública debido a la presencia de desechos peligrosos en áreas recreativas.
Fortalezas	- Promueve la educación ambiental y la concienciación pública.
	- Uso de la Ciencia Ciudadana para recolectar datos de manera amplia y con bajos costos.
	- Identificación de tipos de basura y sus fuentes.
	- Resultados importantes para la protección de la salud y seguridad de las personas.
Oportunidades	- Posibilidad de aplicar la metodología en otros países o regiones para obtener datos comparativos.
	- Potencial para influir en la formulación de políticas públicas mediante la evidencia obtenida.
	- Oportunidad para crear programas educativos efectivos.
	- Posibilidad de estudiar más a fondo la relación entre la basura ribereña y la contaminación marina.

9. Así mismo, en el año 2019 se llevó a cabo un estudio (Honorato-Zimmer et al., 2019) en el que se investigó la densidad y composición de desechos marinos antropogénicos (DMA) en playas de Chile y Alemania, dos países con contextos socio-económicos y fuentes de basura marina contrastantes. Utilizando un enfoque de Ciencia Ciudadana, estudiantes y profesores realizaron encuestas nacionales de basura en playas. Los resultados mostraron que la densidad de basura era significativamente mayor en Chile en comparación con Alemania. Las diferencias en la composición de la basura reflejaban las actividades económicas predominantes en cada zona, como el turismo, la pesca y la acuicultura. Se concluyó que la composición de la basura en las playas puede usarse como un indicador simple para identificar las fuentes de DMA, y que la educación ambiental, la aplicación de leyes y la reducción de la producción y consumo de plásticos son esenciales para mitigar este problema. La participación ciudadana demostró ser eficaz para estudiar la basura marina a gran escala, subrayando la necesidad de soluciones específicas según la región y sus fuentes particulares de contaminación.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Las playas chilenas presentaron una mayor densidad de desechos, posiblemente debido a una menor educación ambiental y aplicación de leyes.
	- La recolección de datos dependía de la constante comunicación con los coordinadores del proyecto.
Amenazas	- Las diferencias en leyes y concienciación pública entre países pueden dificultar la implementación de soluciones uniformes.
	- La continua producción y consumo de plásticos presentan un desafío persistente para reducir la basura marina.
Fortalezas	- Los escolares pueden generar datos válidos y confiables sobre la basura marina en una amplia escala geográfica.
	- La composición de la basura en las playas permitió identificar con precisión las fuentes de contaminación de cada región.
	- La participación activa de asesores científicos, profesores y coordinadores fortaleció el desarrollo del proyecto.
Oportunidades	- Mejora de la educación ambiental y la aplicación de leyes en Chile para reducir la densidad de basura.
	- Desarrollo de políticas específicas para cada zona o actividad económica.
	- Este enfoque de Ciencia Ciudadana puede aplicarse a otros problemas ambientales a gran escala.

10. En un estudio sobre la utilización de drones (UAV) para el mapeo de basura marina en playas italianas (Merlino et al., 2021), se evaluó la precisión de estudiantes de secundaria como Operadores de Ciencia Ciudadana (CSO) en la identificación de desechos. A través de un programa de formación específico, los CSO lograron una concordancia considerable con los censos visuales tradicionales, a pesar de subestimar la cantidad total de elementos detectados. La precisión en la categorización de las fuentes de basura marina y el reconocimiento de tipos de materiales fue comparable a la de expertos. Estos resultados destacan el potencial de la Ciencia Ciudadana, con una capacitación adecuada, para mejorar la detección remota de basura marina mediante imágenes de UAV.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Subestimación significativa del número de ítems en comparación con censos tradicionales.
	- Dificultad para identificar elementos pequeños y definir correctamente los materiales desde las imágenes de UAV.
	- Necesidad de formación específica.

Amenazas	- La falta de precisión en la detección de desechos pequeños puede llevar a una evaluación incompleta de la contaminación.
	- Dependencia de la calidad de las imágenes de UAV y de las herramientas de procesamiento para obtener resultados precisos.
Fortalezas	- Alta concordancia en la identificación de fuentes de basura marina y en la clasificación general de los ítems.
	- Eficacia del entrenamiento específico desarrollado para los CSO, facilitando la participación de no expertos en tareas complejas.
Oportunidades	- Potencial para expandir el uso de UAV y la Ciencia Ciudadana en la vigilancia ambiental con un coste y tiempo de análisis reducidos.
	- Posibilidad de aplicar enfoques similares para la detección de otros tipos de contaminación en diferentes áreas.

11. Según Scardino y su equipo (Scardino et al., 2022), la contaminación por plásticos en el mar Mediterráneo afecta vastas áreas costeras y requiere métodos innovadores para su monitoreo. Un enfoque prometedor es el uso de Ciencia Ciudadana a través de aplicaciones móviles. En este estudio, se utilizó el servicio web iNaturalist para implementar una herramienta para teléfonos móviles, permitiendo a los usuarios recolectar y compartir fotografías de desechos plásticos. Esta herramienta, utilizada en colaboración entre la Universidad de Bari y la Liga Naval Italiana, facilitó la recolección de datos sobre la distribución espacial de plásticos en las costas del sur de Italia. Los resultados mostraron cómo las corrientes marinas influyen en la dispersión de los plásticos, destacando fuentes de contaminación como actividades agrícolas e industriales. Aunque la variabilidad estacional alta impide la formación de áreas estables de acumulación de plásticos en el Mediterráneo, la amplia difusión de la aplicación móvil podría expandir la recopilación de datos a otras regiones del Mediterráneo, proporcionando una visión más completa de la contaminación por plásticos.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Los datos recopilados se limitan únicamente a la región del sur de Italia.
	- Alta variabilidad estacional en la distribución de plásticos, que dificulta la identificación de áreas estables de acumulación.
Amenazas	- La contaminación plástica es un problema creciente que afecta a los ecosistemas marinos y costeros, y que proviene de distintas fuentes.
	- Presencia de plásticos en el mar potencia su entrada en la cadena alimentaria. Amenaza para la vida marina y la salud humana.
	- La participación continua de los ciudadanos en el monitoreo de plásticos resulta complicada, especialmente en áreas con bajos recursos y conciencia ambiental.

Fortalezas	- El uso de herramientas móviles facilita la recolección de datos por parte de un gran número de usuarios.
	- Las tecnologías móviles ofrecen oportunidades educativas, promueven la Ciencia Ciudadana y aumentan la conciencia y el conocimiento sobre la contaminación por plásticos.
Oportunidades	- La aplicación móvil podría facilitar la recolección de datos sobre la contaminación por plásticos en otras áreas del Mediterráneo y ayudar a identificar fuentes específicas de contaminación, proporcionando una visión más integral del problema.
	- La identificación de fuentes de contaminación plástica abre la puerta a estrategias innovadoras y sostenibles para gestionar, regular y mitigar sus efectos.

12. También en el año 2022 se publicó un estudio (Deoniziak et al., 2022) en el que se investigó la presencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de mirlos comunes (*Turdus merula*) y zorzales comunes (*Turdus philomelos*) en el noreste de Polonia. Utilizando aves fallecidas por colisión con infraestructuras humanas, se reveló que todos los individuos analizados contenían microplásticos, principalmente fibras y películas de menos de 1 mm de tamaño. Este hallazgo subraya la ubicuidad de los microplásticos en los ecosistemas terrestres y sugiere que estas aves pueden ser indicadores útiles de la contaminación por microplásticos en estos entornos. Se recomienda ampliar la investigación a una escala continental y en diversos grados de urbanización para confirmar la utilidad de estas aves como indicadores de la contaminación por microplásticos.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- El estudio se basa en un número pequeño de individuos (34 aves), lo que puede limitar la generalización de los resultados.
	- La investigación se centra en una región específica (noreste de Polonia), lo que puede no representar adecuadamente la situación en otras áreas.
Amenazas	- La presencia de microplásticos en aves indica un problema persistente que afecta los ecosistemas terrestres y puede tener impactos en la salud de la vida silvestre.
	- La ingestión de microplásticos puede tener efectos negativos no solo en la salud de las aves, sino también en la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas.
	- La necesidad de ampliar el estudio a nivel continental y en diferentes grados de urbanización presenta desafíos logísticos y financieros significativos.

Fortalezas	- Las aves analizadas muestran potencial como bioindicadores de la contaminación por microplásticos en ecosistemas terrestres, ofreciendo una herramienta útil para el monitoreo ambiental.
	- Utilizar aves fallecidas para el análisis evita métodos invasivos.
	- El enfoque de la Ciencia Ciudadana facilita la recolección de datos a gran escala.
Oportunidades	- Expansión a otras regiones y especies para evaluar la contaminación por microplásticos de manera más amplia y diversa.
	- Los hallazgos del estudio pueden fomentar políticas y estrategias para abordar la contaminación por microplásticos y proteger los ecosistemas terrestres.
	- El uso de aves como indicadores puede fomentar el desarrollo de nuevas metodologías de monitoreo y análisis.

13. Otro estudio del 2022 (Willis et al., 2022) analizó la distribución y acumulación de desechos marinos en la costa del Pacífico Noroeste de los Estados Unidos a lo largo de cinco años, utilizando datos recopilados por el programa de Ciencia Ciudadana COASST. Se encontró que las áreas de playa con zonas de madera y acumulación de algas (“zonas pegajosas”) presentan mayores cargas de desechos, destacando que estas zonas actúan como “trampas” naturales para los desechos marinos. Esto sugiere que gran parte de los desechos provienen de fuentes marinas, siendo los plásticos los más comunes. La investigación también subraya la importancia de las características locales de las zonas de playa en la retención de desechos, lo cual puede variar estacionalmente y según la geografía regional.

Miguel Hernández

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Limitada comprensión de la influencia de la topografía de las zonas de playa en la distribución de los desechos.
	- Falta de datos sobre la dinámica estacional de los desechos en diferentes regiones costeras.
Amenazas	- Dinámica compleja de los desechos, influenciada por el cambio climático, sus patrones de circulación y los eventos extremos, dificultando el control de su acumulación en playas.
Fortalezas	- Utilización efectiva de los datos recopilados para establecer una línea base a largo plazo sobre desechos, permitiendo la identificación de tendencias y patrones que guíen la toma de decisiones en gestión ambiental.
	- Hipótesis innovadora sobre las “zonas pegajosas”, contribuyendo al entendimiento global de la acumulación de desechos y facilitando enfoques más específicos en la gestión costera.

Oportunidades	- Desarrollo de intervenciones para reducir fuentes de desechos, basadas en datos a largo plazo.
	- Oportunidad de mejorar la gestión costera considerando las características locales de las playas, integrando el conocimiento sobre las "zonas pegajosas".
	- Expansión de programas de Ciencia Ciudadana para ampliar la cobertura del monitoreo de desechos marinos.

14. Otro estudio basado en la Ciencia Ciudadana sobre la recolección de basura marina en las playas de la costa mediterránea de Marruecos destaca las bondades de la implicación de escolares en la investigación (Bouzekry et al., 2022). Los participantes aplicaron una metodología estandarizada para recolectar y analizar residuos plásticos en tres playas: Amsa, Sabadia y Boucana. Se recolectaron un total de 14042 artículos, de los cuales el 74% eran plásticos, predominando tapas, envoltorios y colillas de cigarrillos. Las diferencias estacionales en la cantidad de basura, más alta en verano, resaltan el impacto del turismo y la gestión deficiente de residuos. El estudio clasifica las playas como “moderadamente limpias” pero con una “abundancia muy alta” de plásticos y contaminación peligrosa.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Métodos actuales pueden no ser adecuados para capturar y analizar partículas plásticas pequeñas (<1 mm).
	- Riesgo de que los voluntarios puedan introducir contaminantes involuntariamente debido a su falta de experiencia.
	- Para comparar datos entre diferentes áreas se necesita una metodología uniforme.
	- Variabilidad en la motivación de los voluntarios, su compromiso puede fluctuar.
Amenazas	- Aumento del turismo y residuos plásticos asociados.
	- Falta de concienciación ambiental de los usuarios de las playas.
	- La ingesta de plásticos por la fauna marina puede tener consecuencias negativas.
	- La gestión de residuos en áreas costeras puede ser inadecuada o insuficiente.
	- Influencia de eventos climáticos extremos, que pueden dispersar los residuos plásticos.
Fortalezas	- Participación activa de la comunidad, especialmente los escolares, que fomenta el compromiso social.
	- Creación de una base de datos estandarizada.
	- Utilizar voluntarios disminuye los gastos asociados a la recolección de datos.

	- Recopilación de datos valiosos, que pueden ser cruciales para la formulación de políticas y medidas de conservación.
Oportunidades	- La metodología puede adaptarse a diferentes áreas geográficas y a otros tipos de contaminación.
	- Utilizar datos precisos a nivel local para diseñar políticas de gestión de residuos más efectivas.
	- Desarrollo de nuevas metodologías para mejorar la recolección y análisis de microplásticos.
	- La educación y la participación activa pueden conducir a actitudes y prácticas más sostenibles en la comunidad, a la vez que fomenta el interés de los jóvenes en la conservación y la ciencia.

15. En otro estudio reciente (Collier et al., 2023), se ha observado cómo el aumento del uso de plásticos ha llevado a una mayor concentración de microplásticos en los ambientes acuáticos, afectando negativamente el agua, el suelo y los organismos que habitan en estos ecosistemas. Este artículo, dentro de la Ciencia Ciudadana, describe tres actividades diseñadas para estudiantes de secundaria que permiten extraer, cuantificar y observar microplásticos de productos de cuidado personal, agua y muestras de sedimentos. Estas actividades incrementan el conocimiento de los estudiantes sobre el problema de los microplásticos, además de promover la inclusión en la ciencia y fomentan una mayor conciencia ambiental.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Los institutos pueden carecer del equipamiento necesario para realizar actividades adecuadas de análisis.
	- El éxito de las actividades depende del interés y participación de los estudiantes.
	- Los métodos de extracción y análisis de microplásticos pueden resultar exigentes para estudiantes sin experiencia.
Amenazas	- Aumento continuo de microplásticos, que podría superar los esfuerzos educativos.
	- Cambios curriculares pueden limitar el tiempo disponible para actividades de Ciencia Ciudadana en el aula.
	- Disparidades socioeconómicas entre institutos, diferente implementación de estas actividades educativas.
Fortalezas	- Promoción del compromiso en la ciencia, especialmente en comunidades con menos experiencia en este campo.
	- Los estudiantes trabajan con muestras reales y productos comunes, lo que hace que las actividades sean más significativas para ellos.

	- Los estudiantes adquieren habilidades de laboratorio, preparándolos para futuras experiencias científicas.
Oportunidades	- Expansión de la Ciencia Ciudadana en el currículo escolar, inspirar a más jóvenes a participar en investigación científica y a abordar problemas ambientales.
	- Mayor conciencia ambiental entre jóvenes.
	- Fortalecimiento de la conexión entre los institutos y la comunidad científica, abriendo oportunidades para proyectos colaborativos.

16. Otro estudio, en esta ocasión sobre la acumulación de Residuos Marinos Antropogénicos (RMA) en playas a lo largo de la costa central y sur del Pacífico Este (De Veer et al., 2023), revela densidades variables de plásticos y colillas de cigarrillos, con estas últimas predominando en México y Chile. Se identificaron fuentes locales como principales contribuyentes, especialmente relacionadas con el turismo y las infraestructuras de acceso, como los estacionamientos para vehículos. La urbanización también influye en las densidades de plástico, mientras que las corrientes marinas podrían estar introduciendo residuos adicionales en las playas de América Central. La gestión efectiva de la zona costera es crucial para mantener ecosistemas sostenibles, especialmente en playas remotas que carecen de infraestructura regular de limpieza.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Comportamientos inapropiados por parte de la población persisten como la principal causa de contaminación por residuos y las estrategias actuales resultan inefectivas para prevenir su acumulación.
	- Limitada disponibilidad de datos sobre RMA, dificultad al diseñar estrategias de prevención y respuesta adecuadas.
Amenazas	- Persistencia de la contaminación por RMA, indicando la necesidad urgente de medidas más efectivas para su gestión.
	- Impacto de las corrientes marinas en la introducción de plásticos adicionales en las playas.
	- Necesidad de monitoreo continuo de las regulaciones para asegurar su cumplimiento y evaluar su impacto real en la reducción de RMA.
Fortalezas	- Colaboración activa con los participantes para el monitoreo a gran escala de RMA, mejorando la recopilación de datos y la sensibilización pública.
	- Mejoras legislativas recientes, como la implementación de prohibiciones de plásticos de un solo uso y del tabaquismo en playas.

	- Apoyo político creciente hacia la integración de la Ciencia Ciudadana en la toma de decisiones y políticas públicas relacionadas con la gestión de RMA.
Oportunidades	- Potencial para ajustar estrategias de gestión costera según los datos obtenidos.
	- Acuerdos internacionales para terminar con la contaminación por plásticos y alinear las acciones locales con estándares globales y objetivos de sostenibilidad.

17. Otro estudio, llevado a cabo en 2023 (Özbek et al., 2023), investiga la contaminación por residuos en tres senderos de montaña en los Dolomitas, noreste de Italia, utilizando un enfoque de Ciencia Ciudadana con la participación de estudiantes universitarios. Los resultados revelan patrones diversos de basura a lo largo de los senderos, con una prevalencia notable de plásticos. Se identifican puntos críticos de contaminación cerca de infraestructuras de alojamiento y movilidad, como los teleféricos. La investigación resalta la importancia de una mayor supervisión en la gestión de residuos y el mantenimiento en estos puntos críticos y sugiere campañas de concienciación usando tecnología para promover prácticas de montañismo sostenibles. Además, se recomienda el rediseño del equipo de montañismo para evitar la pérdida accidental de residuos.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- La presencia humana en áreas remotas causa un gran impacto en la naturaleza.
	- Residuos dispersamente distribuidos dificultan la implementación de soluciones uniformes para su gestión.
	- Dependencia de participación de estudiantes, que puede limitar la continuidad del monitoreo.
Amenazas	- Contaminación plástica persistente en senderos, que puede ser transportada a zonas bajas, aumentando su impacto.
	- Incorrecta gestión del turismo masificado.
	- Elementos como viento o avalanchas pueden redistribuir la basura, complicando su gestión.
Fortalezas	- Participación activa que permite cubrir grandes áreas geográficas en poco tiempo.
	- El enfoque de Ciencia Ciudadana aumenta la conciencia sobre la contaminación y fomenta una mayor responsabilidad ambiental.
	- El uso de tecnología puede potenciar la concienciación y acelerar la toma de decisiones frente a la gestión de residuos.

Oportunidades	- Las áreas identificadas como puntos críticos pueden beneficiarse de una mayor supervisión de gestión de residuos.
	- Fabricantes de equipos de montañismo pueden desarrollar productos que prevengan la pérdida accidental de basura.

18. También en el año 2023 (Clark et al., 2023) se desarrolló un estudio en el que se trató de demostrar cómo la Ciencia Ciudadana puede ser una herramienta efectiva para monitorear la contaminación por plásticos en el océano. Utilizando una metodología estandarizada, los participantes recolectaron datos sobre plásticos flotantes de 1-5 mm de tamaño en la superficie del mar frente a la costa de Cornualles, Reino Unido. Se realizaron 28 arrastres en cinco rutas, revelando una alta prevalencia de fragmentos plásticos, con polietileno siendo el polímero más común. Este trabajo establece una base comparativa para futuras evaluaciones de la contaminación plástica en la región y contribuye a una base de datos internacional sobre la abundancia y distribución de plásticos a nivel mundial. Además, sugiere la necesidad de desarrollar metodologías y capacitaciones específicas para mejorar la recolección de microplásticos más pequeños.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Metodología actual no permite la recolección eficiente de microplásticos menores de 1 mm.
	- Participación de ciudadanos no entrenados podría aumentar el riesgo de contaminación en las muestras recolectadas.
	- Cobertura geográfica limitada a una región específica, que puede no ser representativa de otras áreas.
Amenazas	- Creciente contaminación plástica con efectos adversos en los ecosistemas marinos.
	- Desafíos en la comparabilidad de los datos a nivel mundial.
	- Necesidad de entrenar y coordinar a un gran número de voluntarios, desafío logístico.
Fortalezas	- Establecimiento de una línea base para futuras evaluaciones de la contaminación plástica.
	- Los datos recolectados contribuyen a una base de datos internacional, mejorando la comprensión de la abundancia y distribución de plásticos en el océano.
	- Metodología estandarizada que facilita la comparación de resultados entre diferentes estudios y regiones.
Oportunidades	- Desarrollar y mejorar técnicas para recolección de microplásticos más pequeños, mejorando las estimaciones futuras.
	- Capacitar a los voluntarios para mejorar la calidad de los datos y expandir el alcance de la investigación hacia otras regiones.

19. Por otro lado, la urbanización global ha incrementado la presencia de contaminantes emergentes (CECs), como productos farmacéuticos, cosméticos y plásticos micro y nanoscópicos en los sistemas acuáticos, donde representan una amenaza (Vasanth Raman et al., 2023). Este estudio propone una hoja de ruta para estandarizar y guiar la integración de la Ciencia Ciudadana en el monitoreo de CECs y evaluar la calidad del agua a nivel global, tratando sus beneficios y limitaciones.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Algunos CECs presentan dificultades en su muestreo, lo que limita su monitoreo.
	- La integración de la Ciencia Ciudadana en el monitoreo de CECs carece de un enfoque estandarizado.
Amenazas	- El enfoque predominante en microplásticos puede subestimar el impacto de otros CECs menos monitoreados.
	- La participación sostenida de ciudadanos en proyectos de monitoreo puede verse afectada.
	- Limitaciones en disponibilidad de recursos y financiación.
Fortalezas	- Ampliación del alcance del monitoreo gracias a la Ciencia Ciudadana.
	- Generación de datos a bajo coste sobre concentraciones de CECs en sistemas acuáticos.
	- Aumento de la conciencia pública sobre problemas ambientales.
Oportunidades	- Estandarización de métodos de monitoreo para CECs a través de Ciencia Ciudadana.
	- Aplicación de nuevas tecnologías para mejorar la precisión y eficiencia del monitoreo.
	- Los datos generados pueden fortalecer las políticas de gestión de la calidad del agua a nivel global.

20. Por último, en un artículo muy reciente (Wilkinson et al., 2024) se comenta cómo en la última década se ha avanzado significativamente en el estudio de los productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCPs) como contaminantes ambientales en entornos acuáticos. Estos contaminantes, que resultan prácticamente esenciales para la sociedad, pueden causar interrupciones biológicas en los organismos expuestos. Este estudio identifica áreas prioritarias para la investigación futura, destacando la necesidad de priorizar el monitoreo en regiones donde los PPCPs representan un mayor riesgo para la salud ambiental y humana. Se proponen cuatro preguntas de investigación clave para los próximos diez años, enfocadas en el uso de factores socioeconómicos y geofísicos para priorizar el monitoreo, los impactos del cambio climático, el papel de la Ciencia Ciudadana en la identificación de riesgos y la aplicación de técnicas analíticas

innovadoras y sostenibles. Además, se subraya la importancia de la colaboración global e interdisciplinaria para abordar estos desafíos de manera efectiva.

Análisis DAFO:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Falta de datos en muchas regiones, especialmente en ciudades de África, América Central, el Caribe y Asia.
	- Muchas áreas con alto riesgo carecen de la capacidad analítica necesaria para monitorear y estudiar los PPCPs de manera efectiva.
	- Los modelos para predecir la distribución y el impacto de los PPCPs pueden ser complejos y difíciles de implementar en regiones con recursos limitados.
Amenazas	- El cambio climático puede empeorar los riesgos asociados con la exposición a los PPCPs.
	- La exposición continua a PPCPs puede tener efectos adversos para los ecosistemas acuáticos y para la salud humana.
	- Desafíos en involucrar a la ciudadanía a participar en el monitoreo científico.
Fortalezas	- Progreso en la comprensión de cómo los PPCPs afectan el medio ambiente acuático.
	- Colaboración entre diferentes sectores que puede conducir a soluciones más efectivas.
	- Innovación en técnicas analíticas hace que el estudio de PPCPs sea más efectivo.
Oportunidades	- Utilizar factores socioeconómicos y geofísicos para priorizar el monitoreo puede dirigir los recursos hacia las áreas donde se necesitan más urgentemente.
	- Implementar técnicas analíticas sostenibles puede reducir el impacto ambiental del estudio de PPCPs.

4. Propuesta

En el presente apartado, teniendo en cuenta los análisis realizados de los Proyectos de Ciencia Ciudadana ya desarrollados a nivel nacional e internacional, se pretende llevar a cabo una propuesta propia de Proyecto de Ciencia Ciudadana para la lucha contra la *basuralidad* a nivel local, con estudiantes de secundaria. Se tratará de dar, a partir de las conclusiones extraídas previamente, una respuesta que resulte innovadora, y/o que consiga superar alguna de las debilidades y amenazas comunes a los Proyectos analizados. La Propuesta para este Trabajo Final de Máster sobre un Proyecto de Ciencia Ciudadana basado en la lucha contra la *basuralidad* se muestra a continuación:

Título del Proyecto: Eco-Detectives: Un Proyecto de Ciencia Ciudadana para salvar la Naturaleza.

Introducción: El Proyecto buscará involucrar a estudiantes de secundaria en la identificación y análisis de residuos en entornos naturales de su localidad. Este proyecto tiene como objetivo principal sensibilizar a los jóvenes sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y cómo los residuos afectan a los ecosistemas, además de evaluar y monitorizar la cantidad y tipo de residuos presentes en entornos naturales de la localidad y, en un futuro, de la provincia/comunidad autónoma a través de la Ciencia Ciudadana. Los estudiantes actuarán como detectives ambientales, recolectando y categorizando residuos encontrados en playas, parques, montañas y otros entornos naturales cercanos.

Objetivos del Proyecto:

1. **Objetivo general:**

- Evaluar la cantidad y tipo de residuos presentes en entornos naturales de la provincia/comunidad autónoma a través de la Ciencia Ciudadana.

2. **Objetivos educativos:**

- Fomentar la conciencia ambiental y el sentido de responsabilidad entre los estudiantes.
- Desarrollar habilidades de observación, análisis y resolución de problemas en contextos reales.
- Promover el trabajo en equipo y la colaboración entre los participantes.
- Estudiar herramientas TICs y de monitoreo/mapeo que resulten útiles para un futuro.

3. **Objetivos ambientales:**

- Evaluar la cantidad y tipos de residuos en entornos naturales locales.
- Analizar la distribución espacial y temporal de los residuos recogidos.
- Crear un mapa interactivo que muestre las zonas más afectadas por la contaminación, que pueda ser mantenido en un futuro y alimentado con nuevos datos. Que sirva para observar la evolución de la *basuralidad* en

estas zonas y para evaluar cómo de implicada ha estado la gente tanto en no contaminar como en recoger residuos a lo largo del tiempo.

4. **Objetivos específicos:**

- Identificar los tipos de residuos más comunes en diferentes entornos naturales.
- Analizar la distribución espacial y temporal de los residuos.
- Evaluar el impacto de los residuos en el medio ambiente.
- Crear un mapa cronológico interactivo de la contaminación por residuos en la provincia/comunidad autónoma.
- Sensibilizar a la población sobre la problemática de los residuos en la naturaleza.
- Hacer al alumnado partícipe e interesado en esta labor de concienciación.

5. **Hipótesis:**

- Los residuos más comunes en los entornos naturales serán plásticos, colillas de cigarrillos y envases de vidrio.
- La cantidad de residuos será mayor en zonas de fácil acceso y con mayor afluencia de personas.
- Los residuos tendrán un impacto negativo en la biodiversidad y en la calidad del medio ambiente.
- La participación ciudadana será una herramienta eficaz para la recogida de datos y la sensibilización sobre la problemática de los residuos.
- Concienciar desde una temprana edad será favorecedor para las sociedades del mañana.

Este Trabajo está enfocado en cubrir la totalidad de un curso académico en los niveles de Educación Secundaria Obligatoria. De este modo, la planificación temporal y de recursos se elabora de manera que cubra desde el inicio del curso (septiembre) hasta la finalización del mismo (junio).

Cabe tener en cuenta que esta planificación corresponderá al primer año en el que se ejecute este proyecto. En años posteriores, esta planificación podrá variar según las eventualidades, circunstancias, experiencias, aprendizajes, aspectos a mejorar y contingencias aplicadas durante el primer año. A continuación, se muestra la planificación estructurada (**Figura 3**).

· **Inicio del curso** (Septiembre):

- Presentación del proyecto a los estudiantes, explicando su propósito y objetivos.
- Introducción a la problemática de la *basura* y su impacto en el medio ambiente.
- Demostración de la aplicación web que se utilizará para subir fotos e información de los residuos.

- **Primer trimestre** (Octubre - Diciembre):
 - Sesiones de formación sobre cómo identificar y clasificar diferentes tipos de residuos.
 - Salidas al bosque, parques naturales, montañas, playas, ríos u otros entornos naturales para la recolección de residuos, clasificación de los mismos y recopilación de datos.
 - Subida de fotos e información de los residuos encontrados a la aplicación web.
 - Correcta gestión de los residuos y concienciación *in situ* (charlas formativas sobre los distintos residuos que han encontrado y su degradación natural, aplicar lo visto en clase a un caso real en el que los propios estudiantes han participado).

- **Segundo trimestre** (Enero - Marzo):
 - Sesiones sobre la descomposición de los residuos y su impacto en el medio ambiente. Invitación de participación de profesionales relacionados con el tema, personalidades influyentes que puedan impactar positivamente en los estudiantes.
 - Análisis de los datos recopilados hasta el momento.
 - Trabajo en grupos para investigar y añadir información veraz sobre la descomposición de los residuos encontrados en la aplicación web.

- **Tercer trimestre** (Abril - Junio):
 - Continuación de la recopilación de datos en diferentes épocas del año. Visitas a más entornos naturales y actuaciones de recogida.
 - Creación del mapa cronológico utilizando los datos recopilados.
 - Preparación de informes finales y presentaciones sobre los hallazgos del proyecto.
 - Celebración de eventos de divulgación, difusión y sensibilización sobre la *basuraleza* en la comunidad escolar. Eventos acordados con el ayuntamiento para que pueda acudir el mayor número de espectadores posible. Promoción de proyectos en demás centros escolares e institutos de la provincia de Alicante y Comunidad Valenciana.

Cronograma de la propuesta											
Actividades	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Posteriormente
Presentación e introducción	■										
Inicio en aplicación web	■										
Formación en tipos de residuos	■	■	■								
Salidas a entornos naturales		■	■	■	■	■	■	■	■		
Subida de fotos y datos a web			■	■	■	■	■	■	■	■	
Charlas formativas <i>in situ</i>		■	■	■	■						
Participación de profesionales					■	■	■				
Análisis de datos recogidos					■	■	■	■			
Investigación y adición de información				■	■	■	■	■			
Creación de mapa cronológico								■	■	■	
Informes finales y presentaciones									■	■	
Eventos divulgativos del proyecto										■	■
Evaluación y continuación											■

Figura 3: Cronograma de la propuesta. Atribución propia.

Por último, se introducen una serie de recursos que se presumen necesarios para la correcta ejecución del proyecto:

Recursos necesarios a lo largo del curso académico:

1. Acceso a una aplicación web para subir fotos e información de los residuos.
2. Cámaras o teléfonos móviles para tomar fotos durante las salidas al aire libre.
3. Material de escritura y ordenadores para investigar y añadir información sobre la descomposición de los residuos.
4. Mapas y herramientas digitales para la creación del mapa cronológico.
5. Posibles colaboraciones con expertos en medio ambiente, personalidades influyentes o autoridades locales para proporcionar orientación y apoyo adicional.

Esta planificación pretende asegurar que los estudiantes tengan suficiente tiempo para comprender la problemática de la *basura*, recolectar datos de manera efectiva, analizar la información y presentar sus hallazgos de manera significativa al final del curso académico.



5. Conclusiones

En este apartado, tras los análisis DAFO de los artículos analizados, se extraen una serie de conclusiones que permiten plantear la propuesta propia, basada en la Ciencia Ciudadana y adaptada a los objetivos planteados en este Trabajo Final de Máster. Estas conclusiones son las siguientes:

1. Crear un proyecto de Ciencia Ciudadana que involucre a estudiantes en la recolección de desechos en entornos naturales, utilizando tecnologías como aplicaciones móviles para reportar y analizar datos, puede resultar beneficioso para la localidad y para la comunidad de estudiantes, como indican otros proyectos realizados por estos participantes.
2. Proyectos anteriores han demostrado la capacidad de abarcar grandes áreas, permitiendo una recolección de datos más representativa.
3. Implementar talleres educativos para estudiantes sobre la importancia de la conservación ambiental y cómo recolectar datos de manera efectiva puede conllevar beneficios en esta generación y, potencialmente, en generaciones venideras.
4. Establecer colaboraciones con ayuntamientos, universidades y organizaciones ambientales para proporcionar apoyo científico y validar los datos recolectados podría ser necesario para el desarrollo del proyecto.
5. Se deberían combinar los datos recolectados por los estudiantes con datos oficiales para obtener una visión más completa y precisa del estado de los entornos naturales.
6. Sería recomendable realizar campañas de sensibilización en la comunidad escolar y local para fomentar la participación continua y el compromiso con el proyecto.
7. A pesar de los controles de calidad, los datos recolectados por estudiantes pueden variar en precisión y consistencia, lo que podría afectar la fiabilidad de los resultados. Sería recomendable una formación continua y previa para favorecer el éxito del proyecto.
8. El éxito del proyecto a nivel local podría facilitar su expansión a otras regiones, permitiendo una mayor cobertura y un impacto más amplio. Además, los datos recolectados, si se integran correctamente con datos oficiales, podrían influir en el desarrollo de políticas locales efectivas para la reducción de residuos en entornos naturales.



9. Eventos climáticos extremos podrían alterar la cantidad y tipo de desechos recolectados, complicando la evaluación consistente de los datos y la comparación a lo largo del tiempo. Se deberían tener en cuenta estos factores a la hora de la elaboración del mapeo.

Estas conclusiones indican el potencial interés en la realización de este proyecto a nivel local, que podría contribuir positivamente a los entornos naturales, la comunidad científica, la sociedad y las generaciones de jóvenes participantes.



6. Referencias

Artículos desarrollados en España:

1. León Muez, D., Peñalver-Duque, P., Ciudad, C., Muñoz, M., Infante, O., Güemes Santos, S., Parrilla Giráldez, R., & Serrano, L. (2020). Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. *Ecosistemas*, 29(3), 2087. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2087>.
2. Zorzo, P., Buceta, J., Corredor, L. T., López-Samaniego, I., & López-Samaniego, E. (2021). An approach to the integration of beach litter data from official monitoring programmes and citizen science. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112902. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112902>.
3. Mansilla, D. C., Cuenca, J., & Gantxegi, I. (2024). La investigación-acción y la Ciencia Ciudadana como enfoques inspiradores de la acción climática en entornos universitarios. <https://doi.org/10.31219/osf.io/73eh2>.
4. Godoy, V., Calero, M., González-Olalla, J. M., Martín-Lara, M., Olea, N., Ruiz-Gutierrez, A., & Villar-Argaiz, M. (2022). The human connection: First evidence of microplastics in remote high mountain lakes of Sierra Nevada, Spain. *Environmental Pollution*, 311, 119922. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119922>.

Artículos internacionales:

5. Forrest, S. A., Holman, L., Murphy, M., & Vermaire, J. C. (2019). Citizen science sampling programs as a technique for monitoring microplastic pollution: results, lessons learned and recommendations for working with volunteers for monitoring plastic pollution in freshwater ecosystems. *Environmental monitoring and assessment*, 191(3), 172. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7297-3>.
6. Locritani, M., Merlino, S., & Abbate, M. (2019). Assessing the citizen science approach as tool to increase awareness on the marine litter problem. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.023>.
7. Rambonnet, L., Vink, S. C., Land-Zandstra, A. M., & Bosker, T. (2019). Making citizen science count: Best practices and challenges of citizen science projects on plastics in aquatic environments. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 271-277. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.056>.
8. Kiessling, T., Knickmeier, K., Kruse, K., Brennecke, D., Nauendorf, A., & Thiel, M. (2019). Plastic Pirates sample litter at rivers in Germany – Riverside litter and litter sources

estimated by schoolchildren. *Environmental Pollution*, 245, 545-557.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.025>.

9. Honorato-Zimmer, D., Kruse, K., Knickmeier, K., Weinmann, A. E., Hinojosa, I. A., & Thiel, M. (2019). Inter-hemispherical shoreline surveys of anthropogenic marine debris – A binational citizen science project with schoolchildren. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.048>.

10. Merlino, S., Paterni, M., Locritani, M., Andriolo, U., Gonçalves, G., & Massetti, L. (2021). Citizen Science for Marine Litter Detection and Classification on Unmanned Aerial Vehicle Images. *Water*, 13(23), 3349. <https://doi.org/10.3390/w13233349>.

11. Scardino, G., Martella, R., Mastronuzzi, G., Rizzo, A., Borracesi, Q., Musolino, F., Romanelli, N., Zarcone, S., Cipriano, G., & Retucci, A. (2022). The nauticAttiva project: A mobile phone-based tool for the citizen science plastic monitoring in the marine and coastal environment. *Marine Pollution Bulletin*, 185, 114282. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114282>.

12. Deoniziak, K., Cichowska, A., Niedźwiecki, S., & Pol, W. (2022). Thrushes (Aves: Passeriformes) as indicators of microplastic pollution in terrestrial environments. *Science Of The Total Environment*, 853, 158621. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158621>.

13. Willis, K., Jones, T., Cohen, R., Burgess, H., Lindsey, J., & Parrish, J. K. (2022). Using long-term citizen science data to distinguish zones of debris accumulation. *Marine Pollution Bulletin*, 182, 114028. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114028>.

14. Bouzekry, A., Mghili, B., & Aksissou, M. (2022). Addressing the challenge of marine plastic litter in the Moroccan Mediterranean: A citizen science project with schoolchildren. *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114167. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114167>.

15. Collier, K. M., McCance, K. R., Jackson, S. E., Topliceanu, A. M., Blanchard, M. R., & Venditti, R. A. (2023). Observing Microplastics in the Environment through Citizen-Science-Inspired Laboratory Investigations. *Journal Of Chemical Education*, 100(5), 2067-2079. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01078>.

16. De Veer, D., Baeza-Álvarez, J., Bolaños, S., Araya, S., Darquea, J. J., Pobleto, M. A. D., Domínguez, G., Holtmann-Ahumada, G., Honorato-Zimmer, D., Gaibor, N., De los Ángeles Gallardo, M., Torrejón, V. G., Chumpitaz, A. L., Zamora, L. J. G., Mora, V. P., Araya, J. F., Pernía, B., Purca, S., Rivadeneira, M. M., . . . Thiel, M. (2023). Citizen scientists study beach litter along 12,000 km of the East Pacific coast: A baseline for the

International Plastic Treaty. *Marine Pollution Bulletin*, 196, 115481.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115481>.

17. Özbek, S. E., Lanzavecchia, A., & Ferrarese, F. (2023). Participatory Geographic-Information-System-Based Citizen Science: Highland Trails Contamination due to Mountaineering Tourism in the Dolomites. *Sustainability*, 15(18), 13908.
<https://doi.org/10.3390/su151813908>.

18. Clark, L., Allen, R., Botterell, Z. L. R., Callejo, B., Godley, B. J., Henry, C., Santillo, D., & Nelms, S. E. (2023). Using citizen science to understand floating plastic debris distribution and abundance: A case study from the North Cornish coast (United Kingdom). *Marine Pollution Bulletin*, 194, 115314.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115314>.

19. Raman, N. V., Dubey, A., Millar, E., Nava, V., Leoni, B., & Gallego, I. (2023). Monitoring contaminants of emerging concern in aquatic systems through the lens of citizen science. *Science Of The Total Environment*, 874, 162527.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162527>.

20. Wilkinson, J., Thornhill, I., Oldenkamp, R., Gachanja, A., & Busquets, R. (2023). Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Aquatic Environment: How Can Regions at Risk be Identified in the Future? *Environmental Toxicology And Chemistry*.
<https://doi.org/10.1002/etc.5763>.

7. Anexos

Nota: hasta este momento, el Trabajo presenta un total de **9996 palabras**, cumpliendo el límite propuesto en la Guía Docente de entre **5000 y 10000 palabras**. La información incluida en este apartado no se ha considerado como parte de este límite.

En este apartado se presentará la alineación de la propuesta con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la forma de evaluación del Proyecto propuesto a los estudiantes de secundaria y un análisis DAFO de la propia propuesta realizada. A continuación, se presenta esta información:

Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la propuesta:

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una serie de 17 metas globales establecidas por las Naciones Unidas en 2015 para abordar los desafíos más apremiantes que enfrenta la humanidad, como la pobreza, la desigualdad, la degradación ambiental y el cambio climático. Estos objetivos buscan promover un desarrollo inclusivo y sostenible, protegiendo el planeta y asegurando el bienestar de las generaciones actuales y futuras (**Figura 4**).



Figura 4: Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la Organización de las Naciones Unidas. Fuente: <https://www.enelamericas.com/es/Sostenibilidad/objetivos-de-desarrollo-sostenible.html>.

La propuesta "Eco-Detectives: Un Proyecto de Ciencia Ciudadana para salvar la Naturaleza" se alinea principalmente con los siguientes ODS:

1. **ODS 4: Educación de Calidad** - Promueve una educación ambiental significativa, desarrollando habilidades y conciencia entre los estudiantes sobre la protección del medio ambiente.

2. **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles** - Fomenta prácticas sostenibles en comunidades locales, ayudando a mantener espacios naturales limpios y saludables.
3. **ODS 13: Acción por el Clima** - Contribuye a la sensibilización sobre los impactos de la contaminación y fomenta la acción comunitaria para mitigar los efectos del cambio climático.
4. **ODS 14: Vida Submarina** - Contribuye a la preservación de los ecosistemas marinos al involucrar a los estudiantes en la recolección y análisis de residuos en playas y cuerpos de agua, ayudando a reducir la contaminación y proteger la biodiversidad marina.
5. **ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres** - Apoya la conservación de los ecosistemas terrestres al involucrar a los estudiantes en la identificación y eliminación de residuos en entornos naturales.

Así mismo, se presenta un potencial sistema de evaluación de la propuesta a continuación.

Evaluación de la propuesta:

Para evaluar de forma adecuada el grado de cumplimiento de la propuesta, no se realizará una rúbrica al uso, sino que se recurrirá a una serie de indicadores de éxito, que se presentan a continuación:

- **Indicadores de Éxito:**
 - Número de estudiantes participantes y su compromiso a lo largo del proyecto.
 - Cantidad de residuos recolectados y analizados.
 - Impacto de las propuestas de mejora implementadas.
 - Nivel de sensibilización de la comunidad evaluado a través de encuestas.
- **Revisión y Mejora:**
 - Al final del proyecto, se realizará una evaluación completa para identificar las fortalezas y áreas de mejora, con el fin de replicar y mejorar el proyecto en futuras ediciones.

Por último, se presenta un análisis DAFO propio para el proyecto propuesto:

Categoría	Descripción
Debilidades	- Dependencia de la motivación y participación continua de los estudiantes durante todo el curso e incluso en un futuro.
	- El éxito del proyecto depende en gran medida del acceso y el uso eficiente de tecnologías digitales, lo que podría ser un desafío.
	- La planificación del proyecto cubre un año académico, lo que podría ser insuficiente para lograr algunos de los objetivos a largo plazo, como la creación de un mapa cronológico detallado.
	- Desafíos debidos a la falta de experiencia previa en la ejecución de un proyecto de este tipo a nivel local
	- Necesidad de recursos financieros y logísticos para apoyar el proyecto. Necesidad de formación previa para los estudiantes.
Amenazas	- Condiciones climáticas adversas pueden afectar las salidas de campo y limitar la recolección de datos.
	- La organización de salidas y la gestión de datos podrían ser más complicadas de lo anticipado, especialmente si el proyecto crece en escala.
	- Si no se logra una colaboración efectiva con entidades externas o si el proyecto no se expande más allá del ámbito escolar, el impacto podría quedar limitado al ámbito local
	- Posible desinterés o falta de compromiso a largo plazo por parte de los participantes. Mantener el proyecto activo en los años siguientes dependerá de la continuidad del interés, la disponibilidad de recursos y el apoyo de las instituciones locales.
Fortalezas	- El proyecto combina la educación ambiental con la participación activa de los estudiantes y la comunidad, fomentando la conciencia ambiental desde una edad temprana.
	- Uso de aplicaciones web y herramientas digitales para la recolección y análisis de datos, lo que facilita la integración de tecnologías en la educación.
	- Potencial para generar datos valiosos sobre la contaminación local y alto potencial para sensibilizar sobre la problemática de los residuos en entornos naturales e influir en políticas y regulaciones acordes.
	- Posibilidad de colaboración con expertos en medio ambiente y autoridades locales, lo que podría aumentar la calidad y el impacto del proyecto.
Oportunidades	- Fomentar la colaboración con entidades locales, ayuntamientos y ONGs. Posible acceso a subvenciones o apoyos de estas entidades para la continuidad y expansión del proyecto.



	- El proyecto puede ser replicado en otras localidades y ampliado a nivel provincial o autonómico, aumentando su impacto.
	- Integrar el proyecto en el currículo escolar podría aumentar la participación y el compromiso, vinculando la educación ambiental con otras materias académicas.
	- Crear conciencia ambiental y promover cambios positivos en la comunidad. El proyecto tiene el potencial de generar un movimiento de concienciación social más amplio sobre la problemática de la basuralidad, influyendo en políticas locales y comportamientos comunitarios.
	- A través de eventos y presentaciones, el proyecto puede atraer la atención de los medios de comunicación, lo que aumentaría su visibilidad y el apoyo de la comunidad.

De este modo, teniendo en cuenta las fortalezas y oportunidades que se presentan, se puede concluir que esta propuesta de proyecto puede tener el potencial de no solo educar a los alumnos y alumnas de secundaria, sino también de tener un impacto duradero en la comunidad y en el medio ambiente a nivel local. Así mismo, al participar de las ventajas de la Ciencia Ciudadana, se podría evaluar su expansión territorial en un futuro.

