

# El aprendizaje-servicio como metodología clave para favorecer un uso crítico y responsable de dispositivos digitales en Educación Secundaria

María Pérez Aguilar 

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València. Valencia. España. [perezaguilar.m28@gmail.com](mailto:perezaguilar.m28@gmail.com)

María Calero Llinares 

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universitat de València. Valencia. España. [maria.calero@uv.es](mailto:maria.calero@uv.es)

[Recibido: 31 julio 2024, Revisado: 17 julio 2025, Aprobado: 20 octubre 2025]

**Resumen:** Este trabajo pretende dar respuesta a los numerosos llamamientos que desde hace décadas vienen dirigiendo especialistas y organismos internacionales sobre la necesidad de proporcionar al alumnado una visión global de la actual situación de emergencia planetaria con la finalidad de implicar a las nuevas generaciones en la construcción de sociedades más justas y sostenibles. En particular, se abordan las posibilidades que ofrece el currículo de las asignaturas del ámbito científico-tecnológico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato para trabajar el impacto socioambiental asociado a la tecnología a partir de las interacciones CTSA, así como las concepciones del alumnado de Educación Secundaria sobre dicho impacto y las posibilidades de favorecer su implicación en la adopción de medidas relacionadas con un consumo responsable de la misma mediante la implementación de una propuesta de intervención didáctica basada en la metodología Aprendizaje-Servicio.

**Palabras clave:** Consumo responsable; Educación para la Sostenibilidad; Educación Secundaria; Tecnología digital.

## Service-learning as a key methodology for promoting critical and responsible use of digital devices in Secondary Education

**Abstract:** For decades, numerous studies by specialists and international organisations have highlighted the need to provide students with a global perspective on the current planetary emergency, in order to engage new generations in building fairer and more sustainable societies. This research aims to respond to this call by exploring, in particular, the opportunities offered by the curriculum of scientific-technological subjects in Compulsory Secondary Education and Baccalaureate to address the socio-environmental impact associated with technology, based on STSE (Science-Technology-Society-Environment) interactions. It also examines the conceptions held by Secondary Education students regarding this impact and the potential for fostering their involvement in adopting measures related to the responsible consumption of technology, through the implementation of a didactic intervention proposal grounded in the Service-Learning methodology.

**Keywords:** Responsible Consumption; Education for Sustainability; Secondary Education; Digital Technology.

---

**Para citar este artículo:** Pérez, M. y Calero, M. (2025) El aprendizaje-servicio como metodología clave para favorecer un uso crítico y responsable de dispositivos digitales en Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 22(3), 3501. [http://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2025.v22.i3.3501](http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3501)

---

## Introducción

Desde hace décadas son numerosos los estudios por parte de instituciones mundiales y especialistas que señalan la importancia y la necesidad de proporcionar a la ciudadanía una

visión global que permita comprender la gravedad de la actual situación de crisis planetaria (Bybee, 1991; Gil Pérez et al., 2003; Hicks y Holden, 1995; Leal Filho et al., 2015; UNESCO, 2017, 2020; UNEP, 2024; Vilches y Gil-Pérez, 2009). Se trata de una situación caracterizada por numerosos problemas estrechamente relacionados que se potencian mutuamente. En este contexto, la importancia concedida a la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) ha sido creciente desde principios de este siglo (UNESCO, 2005, 2014).

Así pues, todos los docentes estamos llamados a incorporar la EDS en nuestras asignaturas para formar una ciudadanía crítica que sea capaz de hacer frente a los desafíos actuales. En el caso de España, la Ley Orgánica 3/2020 de Educación (LOMLOE) destaca en su preámbulo la necesidad de ampliar los objetivos de la Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006 con los propios de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), insistiendo en que estos objetivos se incardin en los planes y programas educativos de toda la enseñanza obligatoria (Morán et al., 2021).

En el ámbito de la educación científica, las interacciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) representan una oportunidad para abordar la EDS en todos los niveles educativos. Tal y como afirman Solbes y Vilches (2004, p. 339), «una correcta alfabetización científica del conjunto de los ciudadanos se presenta con más claridad ante la situación de auténtica emergencia planetaria». Asimismo, diferentes investigaciones han puesto de manifiesto que existen ocasiones en el currículum de asignaturas de Educación Secundaria como Física y Química o Tecnología para incorporar la EDS en dichas materias (Chuliá et al., 2022; Reverte et al., 2023).

Por otra parte, algunas de las metodologías más apropiadas para introducir la sostenibilidad en el currículum de Educación Secundaria son el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Estudio de Casos o el Aprendizaje-Servicio (ApS) (Ayerbe López y Perales Palacios, 2025; López Fernández et al., 2025; Ofei-Manu y Didham, 2018; Resch, 2018, Sigmon, 1994; UNESCO, 2017). Como consideran algunos autores, los proyectos ApS «pueden generar un aprendizaje significativo promoviendo la adquisición de competencias de sostenibilidad relacionadas con la toma de decisiones, la resolución de problemas, la investigación, el análisis y la negociación» (Menargues et al., 2021a, p. 352).

Se trata de una metodología «que combina el proceso de aprendizaje (de contenidos, competencias, habilidades y valores) con la detección, análisis y posible solución de las necesidades de una comunidad» (Sánchez Carracedo y López, 2021, p. 1). Fue introducida inicialmente en facultades de Educación y Pedagogía, sin embargo, puede utilizarse también para mejorar la enseñanza de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM), tanto en los niveles de Educación Secundaria como de Educación Superior, si se le ofrece al alumnado la posibilidad de participar en proyectos cuya finalidad sea aumentar sus competencias técnicas y sus competencias en sostenibilidad, realizando un trabajo útil para la sociedad (Kammler et al., 2012; Tedesco y Salazar, 2006). El ApS es, por tanto, una metodología que permite reforzar simultáneamente el compromiso social y la formación de una ciudadanía responsable (Sánchez Carracedo y López, 2021).

En la literatura pueden encontrarse diferentes propuestas sobre cómo introducir el *servicio* en el *aprendizaje* de las Ciencias y la Tecnología proponiendo al alumnado su participación en proyectos cuyo objetivo sea ampliar sus competencias a través de una aproximación solidaria y de compromiso social (Hayford et al., 2014; Sánchez Carracedo y López, 2021).

En el caso de la tecnología, el rápido desarrollo tecnológico de las últimas dos décadas ha acelerado la transformación de la sociedad e impulsado el consumo de productos de Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) (ordenadores portátiles, tabletas, teléfonos móviles inteligentes, etc.) cuya fase de producción requiere de una enorme cantidad de materias primas, como metales básicos, metales preciosos y elementos de tierras raras (Cucchiella et al., 2015), así como de elevadas cantidades de energía, responsables de altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero (Sánchez Carracedo y López, 2021). Al finalizar la vida útil de estos productos, se convierten en un tipo especial de residuo conocido como basura electrónica o e-waste. Es el residuo que de manera más rápida está creciendo en el mundo en los últimos años (Baldé et al., 2017).

El informe mundial sobre residuos electrónicos 'The Global E-waste Monitor 2024' de Naciones Unidas (ITU y UNITAR, 2024) indica que en 2022, en todo el mundo, se generaron 62 millones de toneladas de residuos electrónicos, una cifra un 82% superior a los 34 millones de toneladas registradas en 2010. La cifra del 2022 representa una media de 7,8 kilogramos per cápita y por año a nivel mundial, un dato que se sitúa en los 19,6 kg en España.

Según dicho informe solo el 22,3% de esta cantidad de residuos electrónicos globales se registró como recogida y reciclada de manera respetuosa con el medio ambiente, lo que supone que la generación de residuos crece a un ritmo cinco veces superior a su reciclaje, dejando una gran cantidad de toneladas de recursos naturales recuperables sin contabilizar y aumentando los riesgos de contaminación, ya que estos residuos contienen aditivos tóxicos o sustancias peligrosas como el mercurio, que puede dañar el cerebro humano y el sistema de coordinación (ITU y UNITAR, 2024). El informe subraya que si los países consiguieran elevar las tasas de recogida y reciclado de residuos electrónicos al 60% de aquí a 2030, los beneficios, incluida la minimización de los riesgos para la salud humana, superaría los costes en más de 38.000 millones de dólares (ITU y UNITAR, 2024).

Esto pone de manifiesto la importancia de un consumo responsable para evitar la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Una vez que un aparato finaliza su vida útil es imprescindible hacer un reciclaje adecuado del mismo para que sus materiales se puedan reutilizar y contribuir a una economía circular, ya que cada tonelada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos reciclada evita alrededor de 2 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>. Nos encontramos ante unas cifras alarmantes que guardan relación directa con la obsolescencia programada y con las escasas opciones disponibles para arreglar los dispositivos rotos o estropeados, de modo que estos son almacenados en los hogares.

La creciente preocupación por el impacto ambiental y social del consumo tecnológico ha impulsado diversas investigaciones sobre el reciclaje de teléfonos móviles, especialmente en relación con la implicación de la ciudadanía adulta (Kumar, 2019; Wang et al., 2016). Sin embargo, la literatura científica muestra una clara ausencia de estudios centrados específicamente en el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, a pesar de que este grupo representa uno de los sectores más activos en el uso de dispositivos móviles y, por tanto, uno de los más relevantes para abordar prácticas de consumo responsable desde una perspectiva educativa.

Si bien existen trabajos que analizan el comportamiento de los consumidores en general respecto al reciclaje de móviles, como los de Claudio et al. (2015) y Dhir et al. (2021); sobre la intención de reciclaje en adultos jóvenes (Yin et al., 2014; Ylä-Mella et al., 2015), o los que exploran factores motivacionales en la ciudadanía (Nowakowski, 2019), estos

estudios no abordan el contexto escolar ni las posibilidades pedagógicas de intervenir en edades adolescentes. Esta carencia limita la capacidad de los centros educativos para diseñar propuestas didácticas que promuevan la reflexión crítica sobre el ciclo de vida de los dispositivos, la obsolescencia programada y la gestión de residuos electrónicos.

Además, investigaciones como la de Alonso-Conde et al. (2021), Ramos-Pardo et al. (2023) y Rivera-Vargas et al. (2023) señalan que el uso de móviles en el aula es un fenómeno universal y controvertido, pero reclaman nuevos modelos pedagógicos que no solo regulen su uso, sino que lo conviertan en una oportunidad para educar en valores éticos, digitales y ambientales. En este sentido, evaluar la eficacia de una propuesta didáctica sobre consumo responsable de teléfonos móviles en Secundaria permitiría llenar un vacío temático en la literatura científica, validar metodologías activas y contribuir a la formación de una ciudadanía más consciente y comprometida desde edades tempranas.

En este contexto, la investigación que nos proponemos llevar a cabo, con la finalidad de favorecer la adquisición de competencias en sostenibilidad en Educación Secundaria, pretende dar respuesta a las siguientes cuestiones relacionadas, en particular, con las implicaciones socioambientales de la tecnología:

- ¿Qué oportunidades ofrece el currículum de las materias científicas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato para el tratamiento de la problemática asociada al consumo de productos de tecnología digital?
- ¿Hasta qué punto mejoran los conocimientos del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria respecto al impacto ambiental de los dispositivos electrónicos de uso común y las consecuencias de su consumo tras su participación en una propuesta didáctica sobre consumo responsable basada en la metodología Aprendizaje-Servicio (ApS)?
- ¿En qué medida la participación en un proyecto ApS puede favorecer la implicación del alumnado de ESO en la adopción de medidas relacionadas con un consumo responsable de productos de tecnología digital?

Así pues, los objetivos de este trabajo son analizar las posibilidades que ofrece el currículum de las materias científico-tecnológicas de Educación Secundaria y evaluar si la participación del alumnado de ESO en una intervención didáctica sobre las implicaciones socioambientales asociadas a la tecnología digital y al uso de dispositivos electrónicos, basada en la metodología Aprendizaje-Servicio, favorece su comprensión y su implicación en un consumo responsable de la misma. Por tanto, esta investigación no solo responde a una necesidad educativa urgente, sino que también aporta evidencia empírica en un campo poco explorado, con potencial para influir en políticas curriculares, programas de sostenibilidad escolar y estrategias de formación docente.

## Marco teórico

Desde hace décadas, la realidad social, política y cultural que rige nuestra forma de vida ha sufrido un cambio sustancial debido a los últimos avances científicos y tecnológicos, afectando directamente a nuestro entorno natural y social, por lo que es esencial favorecer desde la educación la reflexión crítica de la ciudadanía acerca de su responsabilidad sobre estas cuestiones (Prieto y España, 2010).

En el ámbito de la educación científica, la implementación de un enfoque educativo basado en las interacciones CTSA puede contribuir no solo a un aprendizaje más significativo, ya

que la contextualización y humanización de la ciencia permite mostrar la utilidad del conocimiento científico en la vida cotidiana, sino también a la formación de una ciudadanía capaz de analizar problemas socio-científicos y tomar decisiones responsables en asuntos relacionados con la Ciencia y la Tecnología (alfabetización científica y tecnológica de la sociedad). En este sentido, Ríos y Solbes (2007) afirman que la contextualización de los conceptos, procesos y sistemas científicos y tecnológicos permite comprenderlos mejor, así como su importancia creciente en nuestra sociedad.

### **CTSA y educación para la sostenibilidad**

Al considerar la importancia de atender a las interacciones CTSA en la educación científica es preciso hacer referencia a la idea de que los profundos avances tecnológicos acontecidos en las últimas décadas, junto al hiperconsumo de las sociedades desarrolladas, han desembocado en una situación de auténtica emergencia planetaria (Bybee, 1991) nutrida por problemáticas sociales y ambientales (contaminación ambiental, agotamiento y destrucción de recursos naturales, urbanización acelerada y desordenada, degradación de los ecosistemas, pérdida de diversidad cultural...), ambas interrelacionadas, cuya resolución es uno de los principales retos a los que ha de hacer frente la humanidad (Bybee, 1991; Gil-Pérez et. al, 2003; Hicks y Holden, 1995; Leal Filho et al., 2015; UNEP, 2024; Vilches y Gil-Pérez, 2009).

Como es sabido, la educación es una de las herramientas más poderosas para facilitar la adaptación de las sociedades a las circunstancias del mundo en el que vivimos, por lo que la premura de la situación exige su empleo como motor de cambio social hacia una transición a la sostenibilidad. En este sentido, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) impulsada por la UNESCO (2017, 2020) trata de favorecer la incorporación de un enfoque ecosocial en los sistemas educativos como aporte indispensable para el logro de los ODS que conforman la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

Así pues, la EDS pretende incorporar, de manera transversal en todo el proceso educativo, contenidos y competencias que permitan al alumnado entender el impacto que sus acciones tienen sobre el entorno y, por extensión, sobre su propia calidad de vida. Su propósito es fomentar una conciencia crítica, responsable y comprometida, así como capacitar a los estudiantes para utilizar el conocimiento científico y sus herramientas con el fin de analizar y enfrentar los desafíos que plantea la actual crisis ambiental y social.

Por otro lado, los centros educativos son un espacio idóneo para generar una educación transformadora y poner en marcha esta EDS. En este sentido, sería un error reducir su consideración meramente al aprendizaje de ideas, puesto que es también necesario atender a la realidad material que suponen como infraestructuras en las que se gestionan suministros de energía, agua, alimentos o telecomunicaciones, cuya gestión puede hacerse desde el ahorro, la participación comunitaria, el principio de precaución, el cuidado de la salud y la responsabilidad ecológica (Pascual, 2021). Por este motivo, los centros educativos han de adquirir protagonismo y convertirse en entornos donde la EDS impregne el aprendizaje, fomentando el pensamiento crítico y promoviendo la cooperación para transitar hacia un modo de vida respetuoso con los límites del planeta.

Por último, apuntar que la utilización de metodologías coherentes con el enfoque de la EDS que fomenten el razonamiento crítico y la colaboración, como es el caso de la resolución de problemas reales (ABP), la realización de un servicio a la comunidad (ApS) y el aprendizaje cooperativo, es imprescindible para que el alumnado alcance las competencias para el desarrollo sostenible que permitirán su actuación futura hacia el cambio (Calero et

al., 2019). A continuación, nos centraremos, en particular, en exponer las posibilidades que ofrece la metodología ApS en el ámbito científico-técnico.

### **Los proyectos Aprendizaje-Servicio (ApS) como metodología para introducir la sostenibilidad en el currículum de ciencias**

La implementación de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) requiere el desarrollo de competencias de sostenibilidad tales como el pensamiento sistémico y de anticipación, la adquisición de valores, la capacidad estratégica, las habilidades interpersonales, el razonamiento crítico, la autoconciencia y la disposición resolutiva (Cebrián et al., 2019; UNESCO, 2017). Para llevar a cabo su integración en el ámbito educativo es necesario dejar atrás las metodologías tradicionales e introducir metodologías que fomenten el desarrollo de este tipo de competencias.

En el ámbito científico-técnico, tal y como consideran Menargues et al. (2021a), la alfabetización científica del alumnado puede contribuir a cimentar las bases de su competencia ciudadana mediante la construcción de una capacidad crítica y analítica que permita una fundamentada toma de decisiones en una sociedad democrática y favorezca un sentido de la responsabilidad y la formación de una ciudadanía promotora de cambios justos y equitativos.

La metodología de Aprendizaje-Servicio (ApS) desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje de forma experiencial generando un aprendizaje significativo y potenciando competencias propias de la EDS, puesto que, permite adquirir conocimientos y competencias durante la realización de proyectos curriculares que dan respuesta a necesidades reales, poniendo el aprendizaje a disposición del servicio (Cebrián et al., 2019; García Ferrandis et al., 2025; Menargues et al., 2021a y b).

En particular, puede utilizarse para mejorar la enseñanza de las Ciencias, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (STEM) si se le ofrece al alumnado la posibilidad de participar en proyectos cuya finalidad sea aumentar sus competencias técnicas y sus competencias en sostenibilidad, realizando un trabajo útil para la sociedad (Furco y Billig, 2002; Kammler et al., 2012; Tedesco y Salazar, 2006).

Se trata de una metodología cuyo potencial social promueve competencias clave en sostenibilidad relacionadas, como ya se ha señalado, con la toma de decisiones, la resolución de problemas, la investigación, el análisis y la negociación. Del mismo modo, permite al alumnado desarrollar su responsabilidad social y recibir feedback de su esfuerzo mediante el impacto positivo que produce el servicio realizado a la comunidad, aumentando así su motivación por aprender (Menargues et al., 2021a).

El tratamiento de problemas reales propio del ApS puede favorecer la comprensión de temas sobre sostenibilidad otorgando al alumnado una visión holística de los retos a enfrentar y promover la colaboración como medio para la resolución de los mismos; pero, sobre todo, puede facilitar la formación de ciudadanos/as capacitados/as para guiar la sociedad en base a principios éticos y valores sociales justos y solidarios (Verdera, 2015).

Además, este método de enseñanza-aprendizaje puede conseguir transformaciones personales y profesionales tanto en el alumnado como en el profesorado y en los centros educativos donde se lleva a cabo, así como en el entorno social donde se realiza el servicio (García et al., 2014). Esto se debe a que la implicación requerida en el ApS y la persecución de objetivos comunes resulta suficientemente gratificante como para reforzar

el trabajo realizado y promover un papel activo de la comunidad educativa en la construcción de sociedades más justas y sostenibles.

## Finalidades e hipótesis

Dentro de la línea de Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) en la que se enmarca esta contribución, la investigación parte de una primera hipótesis: en el currículum de las asignaturas científico-tecnológicas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato existen oportunidades para trabajar las implicaciones ambientales y sociales de la tecnología a partir de las relaciones CTSA. Por lo que la segunda hipótesis que orienta la investigación considera que la participación del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria en una propuesta de intervención didáctica basada en la metodología Aprendizaje-Servicio e implementada desde el ámbito científico-técnico, puede favorecer la adquisición de conocimientos sobre el impacto socioambiental de la tecnología digital y la implicación en la adopción de medidas relacionadas con un consumo responsable de la misma.

La primera hipótesis ha sido formulada teniendo en cuenta los resultados obtenidos en estudios e investigaciones previas sobre la atención prestada a las interacciones CTSA en la educación científica. Estudios que han puesto de manifiesto la posibilidad de trabajar competencias en sostenibilidad a partir de las relaciones CTSA contempladas en el currículum de ESO y Bachillerato (Carpena y Lopesino, 2001; Ortega-Lasuen et al., 2024; Prieto y España, 2010; Ríos y Solbes, 2007).

En cuanto a la segunda hipótesis, esta se fundamenta en trabajos que han demostrado la urgente necesidad de incorporar la EDS en Educación Secundaria ante la gravedad de los problemas derivados del creciente consumo de dispositivos electrónicos y el impacto ambiental y social de la tecnología digital (Calero et al., 2019; Gil-Pérez y Vilches, 2019; Sachs et al., 2022; UNESCO, 2017, 2020).

A su vez, la segunda hipótesis se fundamenta en las posibilidades que ofrece la metodología Aprendizaje-Servicio para introducir la sostenibilidad en el currículum de Educación Secundaria, y en trabajos anteriores que han demostrado que a través de intervenciones didácticas con orientaciones constructivistas es posible mejorar las concepciones y la implicación del alumnado en la construcción de un presente y un futuro más sostenibles (Calero et al., 2024a y b).

## Metodología

En este apartado se señalan los procedimientos y estrategias concebidos para poner a prueba nuestras hipótesis acerca del impacto socioambiental asociado a la tecnología y las posibilidades de favorecer la implicación del alumnado de ESO en la adopción de medidas relacionadas con un consumo responsable de la misma. El enfoque metodológico seguido ha sido mixto, complementado con los principios de la investigación basada en el diseño (Guisasola, 2024), con el propósito de abordar de manera integral la complejidad del fenómeno educativo analizado.

## Diseño de investigación

Con el objetivo de poner a prueba la primera hipótesis de investigación se llevó a cabo un primer diseño experimental basado en un análisis de contenido de la legislación educativa vigente (Decreto 87/2015, Real Decreto 1105/2014 y Documento puente elaborado por el Servicio de Formación del Profesorado de la Conselleria de Educación, Investigación,

Cultura y Deporte de la Comunidad Valenciana) para determinar las oportunidades de trabajar las implicaciones socioambientales de la tecnología a partir de las relaciones CTSA. El análisis de contenido es una técnica de investigación que permite formular inferencias identificando de manera sistemática ciertas características específicas dentro de un texto.

Con la finalidad de dar a conocer las repercusiones asociadas a la tecnología digital e impulsar la adopción de medidas que favorezcan un consumo responsable de los dispositivos electrónicos en el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria, en línea con nuestra segunda hipótesis, se procedió al diseño e implementación de una estrategia de intervención didáctica basada en una metodología ApS.

Esta estrategia consiste en un programa de actividades preparado a partir de ejemplos fundamentados en la investigación didáctica (Menargues et al., 2021a). A lo largo del programa de actividades se presta especial atención al tratamiento de las interacciones CTSA.

El programa contempla la vinculación de conceptos propios de la asignatura de Física-Química, en particular de 2º y 3º ESO (método científico, elementos químicos y sus propiedades, energía, etc.), a partir del estudio del ciclo de vida de un teléfono móvil y las problemáticas derivadas de cada una de sus fases, así como la posibilidad de participar en acciones concretas de difusión de estas problemáticas a la comunidad educativa y de recogida de dispositivos electrónicos en desuso para su reciclaje y donación a un proyecto de cooperación internacional de ayuda a la población de la República Democrática del Congo (África).

Además, el programa de actividades diseñado pretende desarrollar las competencias clave para la sostenibilidad propuestas por la UNESCO (2017). La Tabla 1 refleja de qué modo se trabajan estas ocho competencias clave a lo largo de la propuesta didáctica que puede ser consultada en el enlace <https://hdl.handle.net/10550/99891>.

**Tabla 1.** Competencias clave para la sostenibilidad abordadas en el programa de actividades.

Indicadores	Niveles de logro
<b>Pensamiento sistémico</b>	A partir de la necesidad de impulsar una tecnología sostenible el alumnado estructura las diversas problemáticas derivadas de las fases del ciclo de vida de los dispositivos electrónicos.
<b>Anticipación</b>	A través del estudio del agotamiento de diferentes elementos químicos y el impacto ambiental de estos, los/as estudiantes pueden anticipar cómo será el futuro si no se actúa para evitar dicho escenario.
<b>Normativa</b>	Se trabaja con el alumnado los juicios morales relacionados con la extracción de materiales en países en desarrollo, así como el conflicto de intereses que se presenta entre los países desarrollados que buscan el beneficio económico a corto plazo y los países en desarrollo que sufren las consecuencias.
<b>Estratégica</b>	Se trabaja en la parte de concienciación social y recogida de dispositivos electrónicos.
<b>Colaboración</b>	Se trabajan todos los aspectos durante todo el programa de actividades puesto que las actividades se realizan en grupo.
<b>Pensamiento crítico</b>	A lo largo del programa deben identificar problemáticas, buscar e interpretar información contrastando los datos, elaborar conclusiones y comunicar resultados a sus compañeros/as, que realizarán un debate para ver cuáles son los más relevantes.
<b>Autoconciencia</b>	Estudian las implicaciones que tienen sus acciones en otros países del mundo, adquiriendo una capacidad de autoconciencia y reflexión sobre su papel en la sociedad, además de la importancia de realizar de forma personal un consumo responsable.

**Tabla 1.** Continuación.

Indicadores	Niveles de logro
<b>Resolución de problemas</b>	Se trabaja a partir de la recogida de dispositivos electrónicos para la obtención de fondos destinados a proyectos de ayuda humanitaria en la República Democrática del Congo. Así como en las actividades propuestas para dar visibilidad al problema al resto de la comunidad educativa a través de vídeos e infografías, de este modo el alumnado puede vivenciar cómo sus pequeñas acciones pueden llegar a tener cierta repercusión.

### Contexto y participantes

Se empleó un muestreo no probabilístico y de conveniencia, consistente en alumnado de 2º de ESO de un centro de la ciudad de Valencia y el alumnado de 3º de ESO de uno de la comarca Horta Sud. En la Tabla 2 se especifica el número de estudiantes por curso que realizaron el cuestionario inicial (Pre-test) y finalmente (Post-test).

**Tabla 2.** Número de estudiantes participantes en función del nivel educativo.

Curso	Pre-test (N)	Post-test (N)
2º ESO	139	137
3º ESO	58	52
Total	197	189

La diferencia en el número de participantes entre el cuestionario Pre-test y Post-test se atribuye a factores inherentes a los estudios longitudinales. Este tipo de reducción en la muestra es común en contextos educativos, sin embargo, a pesar de esta disminución, se mantuvo un tamaño muestral suficiente para garantizar la validez estadística del análisis y se verificó que no existieran diferencias sistemáticas entre los grupos que completaron ambos instrumentos y aquellos que participaron únicamente en el Pre-test.

### Instrumentos para la recogida de información

Al finalizar el desarrollo del programa, se evalúa hasta qué punto han mejorado los conocimientos de los/as participantes y sus percepciones sobre la necesidad de adoptar medidas para conseguir reducir el impacto medioambiental y social asociado al uso de dispositivos electrónicos utilizando el cuestionario descrito en el Anexo A. Este cuestionario ha sido validado por especialistas del ámbito de la Didáctica de las Ciencias y plantea una serie de preguntas a través de las cuales se pretende identificar la conciencia socioambiental del alumnado según sus concepciones previas y sus hábitos de consumo de dispositivos electrónicos. Para la elaboración del cuestionario se ha tomado como referencia trabajos como los de Claudio et al. (2015), Dhir et al. (2021), Holland et al. (2006), Kaur et al. (2020), Menargues et al. (2021a y b), Nowakowski (2019), Segalás y Sánchez (2019), Yin et al. (2014) y Ylä-Mella et al. (2015). Esta amplia y profunda revisión teórica y documental de cuestionarios utilizados previamente con un objeto de estudio similar dotan de validez interna al cuestionario utilizado en este trabajo.

Para evaluar la fiabilidad del instrumento, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, ampliamente reconocido como una medida de consistencia interna. Este coeficiente permite estimar el grado de homogeneidad entre los ítems que componen una escala, siendo valores superiores a 0,70 considerados aceptables en contextos de investigación social y psicológica (Taber, 2018). En este estudio, el valor alfa obtenido fue de 0,75 (95% IC. 0,70-0,80), lo que indica una buena fiabilidad del instrumento utilizado.

El alumnado contestó el cuestionario del Anexo A, tanto antes como después de la intervención didáctica, mediante un formulario de Microsoft con el objetivo de facilitar su realización y la posterior recogida de los resultados. La participación en el cuestionario fue voluntaria y precedida por una explicación clara sobre los fines del estudio, así como por el compromiso de preservar la confidencialidad y el anonimato de los datos recogidos.

Asimismo se realiza una valoración de la implementación del programa con el fin de conocer la utilidad de la propuesta didáctica, el interés de las actividades planteadas y las posibles modificaciones para su mejora, a través del cuestionario recogido en el Anexo B que contiene un total de siete ítems, tres de valoración numérica según una escala Likert (de 0 a 10) y cuatro de respuesta abierta.

### **Procedimiento**

El primer diseño experimental sobre el análisis de la legislación educativa se llevó a cabo durante el curso 2021-2022 y se desarrolló en las siguientes fases:

1. Elección del texto: Se analizaron las asignaturas del ámbito científico-tecnológico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, en particular, las materias Tecnología, Física y Química, Biología y Geología, Cultura Científica, Tecnología de la Información y la Comunicación, Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional, Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente y Tecnología Industrial.
2. División del texto para el análisis: Se seleccionaron de cada asignatura los contenidos, criterios de evaluación, indicadores de logro y estándares de aprendizaje.
3. Selección de categorías adecuadas: La categoría establecida fue la consideración de oportunidad para trabajar las implicaciones socioambientales de la tecnología por su vinculación con alguna de las fases del ciclo de vida de los dispositivos electrónicos.
4. Categorización: A partir de la categoría establecida se realizó un estudio de los elementos curriculares indicados.
5. Cálculo de frecuencia: Por último, se realizó un recuento de las oportunidades identificadas en los elementos curriculares analizados en las asignaturas del ámbito científico-tecnológico.
6. Análisis general: El estudio fue realizado de forma independiente por las dos investigadoras del equipo. Las discrepancias en la codificación fueron debatidas y resueltas por consenso.

El segundo diseño experimental también se llevó a cabo durante el curso 2021-2022 y consistió en la implementación del programa de actividades partiendo de los conocimientos previos del alumnado. La puesta en práctica de esta propuesta didáctica se realizó a lo largo de siete sesiones y en todas ellas el alumnado se organizó en grupos de trabajo colaborativo.

### **Análisis de datos**

En el presente estudio se ha optado por un análisis descriptivo de las frecuencias y porcentajes de selección para cada opción en el caso de las preguntas 1 a 13 del cuestionario del Anexo A, lo cual permite una interpretación adecuada del comportamiento de los participantes sin comprometer la validez estadística del estudio. Esta estrategia garantiza la coherencia metodológica y evita la aplicación incorrecta de pruebas estadísticas que no están diseñadas para este tipo de datos. Para el caso de las cuestiones 14

a 30 se calculó el valor medio de las escalas y la desviación estándar, así como en el caso de las respuestas dadas a las preguntas del cuestionario del Anexo B.

Posteriormente, para examinar la posible asociación entre variables categóricas antes y después de la intervención, se aplicó la prueba de chi-cuadrado de independencia, la cual permite contrastar si las diferencias observadas en las frecuencias de una tabla de contingencia son estadísticamente significativas o atribuibles al azar. Esta prueba es especialmente útil cuando se trabaja con datos nominales u ordinales agrupados, y resulta apropiada en contextos donde se busca establecer relaciones entre atributos no numéricos. Una vez comprobada la existencia de asociación significativa, se calculó el coeficiente V de Cramer con el fin de estimar la magnitud de dicha relación. Este estadístico proporciona una medida de la fuerza de asociación entre las variables, ajustada al tamaño de la tabla, y es particularmente recomendable cuando se analizan tablas de contingencia mayores a  $2 \times 2$  (Lizasoain Hernández, 2024).

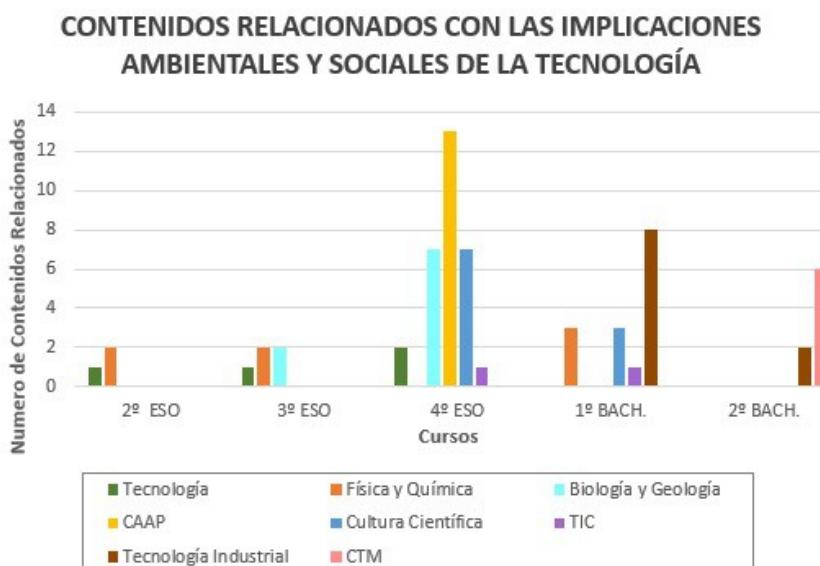
El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con el programa informático SPSS Statistics Version 26.0.0.2 (IBM Corp, Armonk, NY, USA).

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al implementar cada uno de los diseños experimentales propuestos con la finalidad de poner a prueba las hipótesis que han orientado esta investigación y se realiza un análisis de los mismos que permitirá verificar o no las hipótesis planteadas.

### Análisis curricular de las materias científico-tecnológicas de Educación Secundaria y Bachillerato

En primer lugar se muestran los resultados del análisis del currículum de las asignaturas científico-tecnológicas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato respecto a las oportunidades que éstas ofrecen para trabajar las implicaciones ambientales y sociales de la tecnología a partir de las relaciones CTSA en relación con la primera hipótesis. A modo de resumen, la Figura 1 presenta el número de contenidos encontrados en el currículum que permiten trabajar el impacto generado por la tecnología en estos niveles educativos.



**Figura 1.** Resultados obtenidos del análisis del currículum de ESO y Bachillerato.

Así pues, en el análisis del currículum realizado se ha obtenido un total de 61 contenidos, 43 criterios de evaluación y 57 indicadores de logro/estándares de aprendizaje a partir de los cuales es posible tratar las implicaciones sociales y ambientales de la tecnología en los diferentes cursos de ESO y Bachillerato. El análisis llevado a cabo pone de manifiesto que asignaturas cuyo contenido es mucho más específico, tales como Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional (CAAP), Tecnología Industrial, Cultura Científica o Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente (CTM), ofrecen una mayor cantidad de contenidos estrechamente relacionados con las implicaciones de la tecnología y la sostenibilidad respecto a otras más extensas y generales, como Física y Química, Biología y Geología, Tecnología o Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC). La Tabla 3 muestra algunos ejemplos de los contenidos curriculares encontrados vinculados a la problemática socioambiental de la tecnología.

**Tabla 3.** Ejemplos del análisis de las asignaturas del ámbito científico-tecnológico de ESO y Bachillerato.

Materia	Curso	Bloque	Contenido	CE	IL/EA	CC
Tecnología	2º ESO	BL1. Resolución de problemas tecnológicos y comunicación técnica.	Análisis tecnológico de objetos.	BL1.1	BL1.1.1	CMCT CSC
	3º ESO	BL1. Resolución de problemas tecnológicos y comunicación técnica.	Análisis tecnológico de objetos y propuestas de mejora.	BL1.1	BL1.1.1	CMCT CSC
	4º ESO	BL6. Tecnología y Sociedad.	Adquisición de hábitos que potencien el desarrollo sostenible. Aprovechamiento de materias primas y recursos naturales.	BL6.1 BL6.5	BL6.1.1 BL6.5.1	CMCT CSC CCLI CAA
Física y Química	2º ESO	BL5. Energía.	Fuentes de energía renovables y no renovables. Uso racional de la energía: consumo responsable.	BL5.5 BL5.6	BL5.5.1 BL5.6.1	CMCT CSC SIEE
	3º ESO	BL2. La Materia.	Elementos y compuestos de especial interés con aplicaciones tecnológicas y biomédicas.	BL2.11	BL2.11.2	CMCT CD SIEE
		BL3. Los Cambios.	La química en la sociedad y el medio ambiente.	BL3.3	BL3.3.3	CMCT CSC CEC

**Tabla 3.** Continuación.

<b>Materia</b>	<b>Curso</b>	<b>Bloque</b>	<b>Contenido</b>	<b>CE</b>	<b>IL/EA</b>	<b>CC</b>
Cultura Científica	4º ESO	BL3. Aspectos tecnológicos y su impacto ambiental.	Los problemas medioambientales: causas y consecuencias. Implicaciones sociales presentes y futuras de los problemas medioambientales. Tratamiento de datos medioambientales: extracción e interpretación de su información. La necesidad de nuevas fuentes de energía.	BL3.1 BL3.2 BL3.3 BL3.4 BL3.5 BL3.7	1.1 2.2 1.2 3.1 4.1 6.1	CMCT CSC CAA SIEE
		BL5. Nuevos materiales.	Influencia de los distintos materiales y recursos en el desarrollo de la humanidad. Materias primas: obtención y repercusiones. Nuevos materiales, aplicaciones presentes y futuras.	BL5.1 BL5.2 BL5.3	1.1 1.2 2.1 2.4	CMCT CSC
1º BACH	BL5. Nuevas tecnologías en comunicación e información.		La revolución informática. Avances más significativos de la tecnología actual. Beneficios y problemas de los avances tecnológicos.	BL5.6 BL5.7 BL5.9	3.1 4.1 4.2 6.1	CMCT CSC CAA SIEE CCLI
Tecnologías de la Información y la Comunicación	4º ESO	BL1. Equipos informáticos, sistemas operativos y redes.	Desarrollo sostenible en el reciclaje de los equipos informáticos. Respeto a los derechos humanos en la obtención de materias primas y fabricación de los componentes informáticos. El problema de la basura electrónica.	BL1.1	BL1.1.2	CD
1º BACH	BL1. La sociedad de la información.		Impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en los diversos ámbitos de la sociedad actual. Avances y riesgos. La brecha digital. Sociedad del conocimiento.	BL1.1	1.1 1.2	CSC

## Análisis de las concepciones del alumnado sobre las implicaciones socioambientales de la tecnología

Para poner a prueba la segunda hipótesis y conocer las concepciones de los/as estudiantes sobre las implicaciones socioambientales de la tecnología antes y después de la implementación del programa de actividades, se pasó el cuestionario detallado en el Anexo A a la muestra de estudiantes de ESO descrita en el apartado anterior como prueba Pre y Post-test. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ítems del cuestionario agrupados en subapartados en función del tema que tratan.

### *Resultados sobre el consumo de Tecnología Digital*

Las Cuestiones 1 y 2 solo fueron planteadas antes del comienzo del proyecto puesto que en el poco tiempo transcurrido durante la implementación del programa de actividades no es posible apreciar cambios significativos al respecto. En particular, respecto a la frecuencia con la que el alumnado cambiaba de dispositivo móvil, el alumnado de 2º ESO (N=139) indicó hacerlo, en promedio, cada  $2,5 \pm 1,1$  años y el alumnado de 3º ESO (N=58) cada  $3,4 \pm 1,6$  años. Entre los motivos por los que cambiaba de dispositivo, el 73,4% y 72,4% del alumnado de 2º y 3º ESO, respectivamente, indicó que el teléfono móvil anterior no funcionaba adecuadamente y solo un 8,6% y 1,7% indicó que el móvil anterior tenía un estilo anticuado.

### *Resultados sobre el conocimiento relativo a la extracción de materiales*

Las Cuestiones 3, 5 y 6 se centran en los materiales necesarios para fabricar los dispositivos electrónicos y los impactos que ocasiona su extracción en los lugares donde se ubican las minas. Una mejora en el conocimiento del alumnado sobre este tema sería un indicador positivo en cuanto a la eficacia del programa de actividades diseñado.

**Tabla 4.** Resultados Cuestión 3: ¿Sabes qué materiales se necesitan para fabricar un teléfono móvil?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No	115	82,7	46	33,6	52	89,7	7	13,5
Sí	24	17,3	91	66,4	6	10,3	45	86,5
Total	139	100	137	100	58	100	52	100
Análisis estadístico	$\chi^2(1)=68,6, p<0,01, V$ de Cramer=0,49				$\chi^2(1)=64,0, p<0,01, V$ de Cramer=0,76			

Como podemos observar en la Tabla 4 se observa una mejora significativa tras la realización del programa de actividades ( $p<0,01$ ), ya que cuando el alumnado realizó el cuestionario inicial entre un 80 y un 90% de los/as estudiantes desconocían los materiales necesarios para la fabricación de un teléfono móvil y en cambio, tras la implementación de la propuesta didáctica, un 66,4% del alumnado de 2º de ESO y un 86,5% de 3º de ESO afirmaban conocerlos. Podemos decir que el tamaño del efecto de las diferencias encontradas es medio ( $V$  de Cramer=0,49) en el caso del alumnado de 2º ESO y grande ( $V$  de Cramer=0,76) en el caso del alumnado de 3º ESO (Cohen, 1988). Esta diferencia de porcentajes obtenidos en el Post-test entre ambos cursos puede deberse a que el alumnado de 2º de ESO implementó una versión reducida del programa de actividades.

**Tabla 5.** Resultados Cuestión 5: ¿Sabes de dónde se extraen esos materiales?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No	93	66,9	14	10,2	40	69	2	3,8
Sí	46	33,1	123	89,8	18	31	50	96,2
Total	139	100	137	100	58	100	52	100
Análisis estadístico	$\chi^2 (I)=93,4, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,58$				$\chi^2 (I)=49,3, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,67$			

De igual modo que en la Cuestión 3, la Tabla 5 muestra que el porcentaje de alumnos/as que conocen el lugar de procedencia de los materiales empleados para la fabricación de un teléfono móvil aumenta significativamente en ambos cursos tras la implementación del programa de actividades ( $p<0,01$ ). En este caso podemos decir que el tamaño del efecto de las diferencias encontradas es grande en ambos cursos ( $V$  de Cramer=0,58 y 0,67 respectivamente). Además, en 3º de ESO prácticamente el 100% del alumnado es consciente de ello, posiblemente debido a un tratamiento más profundo del tema en la versión extendida del programa de actividades.

**Tabla 6.** Resultados Cuestión 6: ¿Sabes si la extracción de esos materiales tiene algún impacto sobre las personas que viven en esa zona?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No	100	71,9	22	16,1	42	72,4	5	9,6
Sí	39	28,1	115	83,9	16	27,6	47	90,4
Total	139	100	137	100	58	100	52	100
Análisis estadístico	$\chi^2 (I)=87,4, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,56$				$\chi^2 (I)=44,2, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,63$			

De nuevo, los resultados obtenidos en la Cuestión 6 reflejados en la Tabla 6 siguen la tendencia marcada tanto en la Cuestión 3 como en la 5, puesto que alrededor de un 70% del alumnado afirma en el cuestionario inicial desconocer el impacto ocasionado en las zonas donde se extraen los materiales necesarios para la fabricación de un teléfono móvil y tras la realización del programa de actividades cerca de un 85% en 2º de ESO y de un 90% en 3º de ESO afirma conocer los impactos ocasionados a la población que vive allí, por lo que podemos afirmar que las diferencias en ambos grupos son significativas ( $p<0,01$ ) y el tamaño de las diferencias encontradas es grande ( $V$  de Cramer=0,56 y 0,63 respectivamente).

#### *Resultados sobre la gestión de dispositivos en desuso*

Las Cuestiones 8, 9, 12 y 13 hacen referencia a la gestión que se lleva a cabo de los teléfonos móviles en desuso y al impacto de su almacenamiento.

**Tabla 7.** Resultados Cuestión 8: ¿Qué sueles hacer con los teléfonos móviles que ya no te sirven?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test (N=139)		Post-test (N=137)		Pre-test (N=58)		Post-test (N=52)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Los guardo en casa	111	79,9	46	33,6	49	84,5	19	36,5
Se los doy a un familiar	42	30,2	45	32,8	9	15,5	16	30,8
Los vendo	21	15,1	27	19,7	10	17,2	9	17,3
Los dejo en la tienda al comprar otro	7	5,0	19	13,9	2	3,4	6	11,5
Los llevo a un punto de reciclaje	11	7,9	96	70,1	1	1,7	25	48,1
Los tiro a la basura	4	2,9	0	0	3	5,2	0	0
Los doy a una ONG	1	0,7	46	33,6	0	0	8	15,4

En cuanto a los hábitos que muestra el alumnado tras la implementación del programa de actividades se puede percibir en los resultados que muestra la Tabla 7 una mejora considerable, pues alrededor de un 80% de los/as estudiantes entrevistados en el cuestionario inicial afirma *guardar en casa los teléfonos móviles en desuso*, mientras que en el cuestionario final el mayor porcentaje corresponde en ambos casos a la opción de *los llevo a un punto de reciclaje*.

**Tabla 8.** Resultados Cuestión 9: ¿Tienes teléfonos móviles en desuso en casa?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test (N=139)		Post-test (N=137)		Pre-test (N=58)		Post-test (N=52)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No tengo	20	14,4	33	24,1	4	6,9	11	21,2
1	23	16,5	31	22,6	7	12,1	9	19,3
2	36	25,9	20	14,6	9	15,5	15	28,8
3	24	17,3	23	16,8	15	25,9	7	13,5
4	15	10,8	10	7,3	7	12,1	3	5,8
5	5	3,6	2	1,5	1	1,7	1	1,9
Más de 5	16	11,5	18	13,1	15	25,9	6	11,5
Total	139	100	137	100	58	100	52	100

Análisis estadístico  $\chi^2(1)=68,6, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,49$      $\chi^2(1)=64,0, p<0,01, V \text{ de Cramer}=0,76$

También la evolución de las respuestas del alumnado del cuestionario inicial al final muestra una mejora significativa en la tendencia de los/as estudiantes a almacenar en sus casas dispositivos en desuso ( $p<0,01$ ), pues en ambos casos el número de móviles guardados en casa ha disminuido tras la realización del programa de actividades, tal y como se recoge en la Tabla 8. En este caso podemos afirmar que el tamaño del efecto de las diferencias encontradas es medio en el caso del alumnado de 2º ESO ( $V$  de Cramer=0,49) y grande en el caso del alumnado de 3º ESO ( $V$  de Cramer=0,76).

**Tabla 9.** Resultados Cuestión 12: ¿Sabes si los teléfonos móviles en desuso contienen sustancias tóxicas y peligrosas, como plomo, mercurio o arsénico?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test (N=139)		Post-test (N=137)		Pre-test (N=58)		Post-test (N=52)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No, lo desconozco	81	58,3	22	16,1	25	43,1	8	15,4
Sí, conozco un poco sobre el tema	45	32,4	43	31,4	30	51,7	21	40,4
Sí, conozco el tema	10	7,2	45	32,8	1	1,7	17	32,7
Sí, conozco bastante sobre el tema	3	2,2	21	15,3	0	0	6	11,5

**Tabla 9.** Continuación.

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test (N=139)		Post-test (N=137)		Pre-test (N=58)		Post-test (N=52)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Sí, me resulta un tema muy familiar	0	0	6	4,4	2	3,4	0	0
Total	139	100	137	100	58	100	52	100
Análisis estadístico	$\chi^2 (4)=75,6, p<0,01, V de Cramer=0,52$				$\chi^2 (1)=32,3, p<0,01, V de Cramer=0,54$			

El conocimiento de los/as estudiantes sobre la toxicidad de algunos de los materiales que poseen los teléfonos móviles mejora de manera significativa ( $p<0,01$ ) tras su participación en el programa de actividades, tal y como muestra la Tabla 9. Respecto a esta cuestión podemos afirmar que el tamaño del efecto de las diferencias encontradas es grande tanto para el caso del alumnado de 2º ESO como para el de 3ºESO.

**Tabla 10.** Resultados Cuestión 13: ¿Sabes si los teléfonos móviles en desuso contienen metales preciosos reciclables, como el oro, la plata o el paladio?

Categoría respuesta	Alumnado 2º ESO				Alumnado 3º ESO			
	Pre-test (N=139)		Post-test (N=137)		Pre-test (N=58)		Post-test (N=52)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
No, lo desconozco	82	59,0	24	17,5	36	62,1	6	11,5
Sí, conozco un poco sobre el tema	33	23,7	29	21,2	16	27,6	20	38,5
Sí, conozco el tema	15	10,8	44	32,1	4	6,9	17	32,7
Sí, conozco bastante sobre el tema	6	4,3	23	16,8	1	1,7	7	13,5
Sí, me resulta un tema muy familiar	3	2,2	17	12,4	1	1,7	2	3,8
Total	139	100	137	100	58	100	52	100
Análisis estadístico	$\chi^2 (4)=66,0, p<0,01, V de Cramer=0,49$				$\chi^2 (4)=34,5, p<0,01, V de Cramer=0,56$			

En este caso, se sigue una tendencia similar a la obtenida en los resultados de la Cuestión 12, en ambos cursos, tal y como muestra la Tabla 10, se obtiene una mejora significativa en el conocimiento sobre la presencia de metales preciosos en los teléfonos móviles en desuso tras la implementación del programa de actividades ( $p<0,01$ ). En el caso del alumnado de 2º ESO podemos afirmar que el tamaño del efecto de las diferencias encontradas es medio ( $V$  de Cramer=0,49) y en el de 3º ESO es grande ( $V$  de Cramer=0,56).

#### *Resultados sobre el impacto asociado al ciclo de vida de un teléfono móvil y la necesidad de su adecuado reciclaje*

Con el fin de determinar la fiabilidad de la consistencia interna de los ítems que forman la dimensión *Conocimiento sobre el impacto asociado al ciclo de vida de un teléfono móvil y la necesidad de su adecuado reciclaje* del cuestionario (Cuestiones 14 a 30 del Anexo A) se ha calculado con el programa estadístico SPSS la estimación del coeficiente alfa de Cronbach de esta escala, obteniéndose un valor de 0,75 (95% IC. 0,70-0,80), pudiéndose considerar como un valor bueno. En la Tabla 11 se muestra el valor medio de la puntuación obtenida en cada una de las cuestiones según la escala de Likert correspondiente a las siguientes equivalencias: 1: Total desacuerdo, 2: Desacuerdo, 3: Ni de acuerdo, ni en desacuerdo, 4: De acuerdo, 5: Muy de acuerdo.

**Tabla 11.** Resultados de las respuestas del alumnado a las Cuestiones 14 a 30<sup>1</sup>.

Cuestión	Alumnado 2º ESO		Alumnado 3º ESO	
	Pre-Test (N=139)	Post-Test (N=137)	Pre-Test (N=58)	Post-Test (N=52)
14	<b>3,8 ± 0,9</b>	<b>4,3 ± 0,8</b>	<b>3,0 ± 1,1</b>	<b>3,7 ± 0,9</b>
15	<b>3,5 ± 1,1</b>	<b>4,2 ± 1,0</b>	<b>3,0 ± 1,1</b>	<b>3,5 ± 0,9</b>
16	<b>3,8 ± 0,9</b>	<b>3,9 ± 1,0</b>	<b>3,3 ± 1,0</b>	<b>3,0 ± 0,9</b>
17	<b>4,0 ± 1,0</b>	<b>4,2 ± 0,9</b>	<b>3,5 ± 1,0</b>	<b>3,6 ± 0,9</b>
18	<b>3,6 ± 1,1</b>	<b>3,7 ± 1,1</b>	<b>3,3 ± 1,0</b>	<b>3,0 ± 0,9</b>
19	<b>4,2 ± 0,8</b>	<b>4,5 ± 0,8</b>	<b>3,8 ± 1,1</b>	<b>3,8 ± 1,0</b>
20	<b>3,8 ± 1,0</b>	<b>4,1 ± 0,9</b>	<b>3,2 ± 1,1</b>	<b>3,4 ± 1,0</b>
21	<b>3,0 ± 1,4</b>	<b>2,7 ± 1,4</b>	<b>2,5 ± 1,2</b>	<b>2,5 ± 0,9</b>
23	<b>2,6 ± 1,2</b>	<b>2,5 ± 1,3</b>	<b>2,8 ± 1,0</b>	<b>2,6 ± 1,0</b>
24	<b>3,3 ± 1,2</b>	<b>3,2 ± 1,3</b>	<b>3,0 ± 1,1</b>	<b>2,9 ± 1,0</b>
25	<b>3,5 ± 1,2</b>	<b>3,3 ± 1,3</b>	<b>2,9 ± 1,1</b>	<b>3,2 ± 1,0</b>
27	<b>3,3 ± 1,3</b>	<b>4,0 ± 1,0</b>	<b>2,2 ± 1,3</b>	<b>3,1 ± 1,1</b>
28	<b>4,3 ± 0,9</b>	<b>4,4 ± 0,9</b>	<b>3,8 ± 1,0</b>	<b>3,8 ± 1,0</b>
29	<b>3,3 ± 1,2</b>	<b>3,3 ± 1,3</b>	<b>2,8 ± 1,3</b>	<b>2,9 ± 1,2</b>
30	<b>3,6 ± 1,2</b>	<b>3,8 ± 1,1</b>	<b>2,9 ± 1,3</b>	<b>3,2 ± 1,0</b>

Respecto a la interpretación de los resultados obtenidos en este bloque cabe destacar, principalmente, los siguientes aspectos:

- Los resultados obtenidos en las Cuestiones 14 y 15 que evalúan el conocimiento del alumnado sobre el impacto ambiental y social asociado al ciclo de vida de los teléfonos móviles muestran una mejora tras la implementación del programa de actividades, incrementándose el valor medio obtenido medio punto. Estos resultados pueden interpretarse como el paso de un conocimiento dudoso sobre el tema por parte del alumnado a un conocimiento bastante consolidado del mismo.
- Del mismo modo, los resultados obtenidos en la Cuestión 27 muestran un cambio considerable respecto al desarrollo de una conciencia en sostenibilidad por parte del alumnado tras la implementación del programa de actividades, incrementando su valor medio casi un punto en ambos cursos, de manera que si antes no tenían este aspecto en cuenta a la hora de comprar un teléfono móvil ahora lo tienen en mayor medida.
- Por último, los resultados obtenidos en las Cuestiones 29 y 30, dedicadas a la divulgación y puesta en práctica de los métodos apropiados para el reciclaje de dispositivos electrónicos han mejorado levemente tras la realización del programa de actividades, por lo que si el alumnado ya estaba dispuesto a tratar estos temas y a tomar un papel activo antes ahora esta decisión se reafirma.

Así pues, al comparar, tal y como se ha descrito detalladamente en este apartado los resultados obtenidos en cada caso antes y después de la participación en el programa de actividades, podemos comprobar que estos son convergentes con la segunda hipótesis de este trabajo.

### Análisis de la implementación de la propuesta didáctica sobre Tecnología Digital

Tras la implementación en el aula del programa de actividades diseñado para el tratamiento de las implicaciones ambientales y sociales asociadas al uso de dispositivos electrónicos,

<sup>1</sup> No se incluyen en la Tabla 11 los valores correspondientes a las Cuestiones 22 y 26 puesto que solo se plantearon al alumnado previamente a su participación en la intervención didáctica.

se propone al alumnado de ambos cursos realizar una valoración de las actividades llevadas a cabo a través del cuestionario de evaluación del Anexo B. Con este cuestionario se pretende conocer en qué medida (en una escala de 0 a 10) la intervención didáctica ha contribuido a mejorar su comprensión acerca de las implicaciones de la tecnología (ítem 1), si las actividades planteadas han captado su interés (ítem 3) y si puede mejorar su concienciación e implicación en la adopción de medidas necesarias (ítem 5). Los resultados obtenidos en cada uno de los cursos se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Resultados cuestionario de valoración de la Propuesta Didáctica.

Curso	Estadística	Ítem 1	Ítem 3	Ítem 5
<b>2º ESO (N=137)</b>	Media	7.269	7.038	6.615
	Desviación Estándar	1.387	1.940	1.838
<b>3º ESO (N=52)</b>	Media	8.161	8.022	7.701
	Desviación Estándar	1.720	1.593	2.041

En la Tabla 12 se puede observar una puntuación superior a 7 en 3º de ESO y a 8 en 2º de ESO en cuanto a la mejora de la comprensión de la problemática socioambiental asociada al consumo de dispositivos electrónicos y, sobre todo, la necesidad y posibilidad de avanzar hacia un consumo responsable. De igual modo, se observa una puntuación de 7 en 3º de ESO y de 8 en 2º de ESO respecto al interés de las actividades realizadas durante la intervención didáctica. Por último, se observa una puntuación ligeramente inferior a 7 en 3º de ESO y a 8 en 2º de ESO en la percepción de mejora de la implicación del alumnado para favorecer un consumo responsable de la tecnología y adoptar las medidas necesarias.

## Conclusiones y perspectivas

La actual situación de emergencia planetaria, caracterizada por numerosos problemas sociales y ambientales, estrechamente relacionados entre sí, requiere una implicación directa por parte de los sistemas educativos para incorporar la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) de forma transversal en todas las asignaturas, con el objetivo de formar una ciudadanía crítica y capaz de enfrentar los desafíos venideros.

Esta investigación pretende, por tanto, dar respuesta al llamamiento realizado por parte de especialistas y organismos internacionales en materia de sostenibilidad. En particular, se centra en las implicaciones asociadas al consumo de la tecnología digital, analizando las posibilidades que ofrece el currículo de las asignaturas del ámbito científico-tecnológico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato para tratar esta temática a partir de las interacciones CTSA, estudiando las concepciones previas del alumnado de estos niveles sobre dicha problemática y diseñando un programa de actividades basado en la metodología ApS que favorezca la búsqueda de soluciones activas.

Este trabajo se enmarca en una línea de investigación que desde hace décadas trata de impulsar la EDS en los diferentes niveles educativos, centrándose en este caso en la Educación Secundaria. Del análisis de los resultados obtenidos con la implementación de los diseños elaborados para poner a prueba las hipótesis planteadas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- De acuerdo con nuestra primera hipótesis el currículum de las asignaturas científico-tecnológicas de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato ofrece oportunidades para trabajar las implicaciones ambientales y sociales de la tecnología a partir de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA), identificando en el análisis un total de 61 contenidos, 43 criterios de

evaluación y 57 indicadores de logro/estándares de aprendizaje relacionados con esta problemática.

- Por otra parte, y en convergencia con nuestra segunda hipótesis, el conocimiento del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria sobre las implicaciones ambientales y sociales asociadas a la tecnología digital y al uso de dispositivos electrónicos mejora tras su participación en una propuesta de intervención didáctica basada en la metodología Aprendizaje-Servicio, tal y como muestran los resultados de las Tablas 4, 5, 6, 9 y 10. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en investigaciones anteriores con estudiantes universitarios tras su participación en un proyecto de Aprendizaje-Servicio sobre consumo sostenible (Menargues et al., 2021a y b; García Ferrandis et al., 2025).
- Por último, con la puesta en práctica de la propuesta didáctica diseñada, se ha visto favorecida la implicación del alumnado de ESO en la adopción de medidas relacionadas con un consumo responsable de la tecnología digital. Esta mejora se evidencia en los resultados obtenidos en la Cuestión 8, pues la mayor parte del alumnado pasa de guardar los teléfonos en desuso en casa a llevarlos a un punto de reciclaje, y en los obtenidos en la Cuestión 27, ya que el porcentaje de estudiantes que expresa su intención de evitar la compra de productos procedentes de empresas que dañan el medio ambiente se incrementa de manera considerable tras su participación en el programa de actividades. Estos resultados son coherentes con los constatados en estudios anteriores sobre las intenciones de los consumidores de participar en el reciclaje de residuos electrónicos llevados a cabo por Clauddy et al. (2015), Dhir et al. (2021), Kaur et al. (2020) y Holland et al. (2006) cuyas conclusiones sugieren que una actitud positiva hacia el reciclaje de desechos electrónicos da como resultado intenciones positivas de participación en el reciclaje de los mismos.

Del mismo modo, son similares a los obtenidos por Yllä-Mella et al. (2015) en un estudio sobre el reciclaje de residuos electrónicos y la percepción de los consumidores sobre la reutilización de los teléfonos móviles y los obtenidos por Yin et al. (2014) en un estudio sobre el análisis del comportamiento de los consumidores ante el reciclaje de teléfonos móviles. A su vez coinciden con los obtenidos por Nowakowski et al. (2019) en una investigación acerca de las razones del almacenamiento de dispositivos electrónicos al final de su vida útil en los hogares que pone de manifiesto que la razón más frecuente para el almacenamiento es el posible uso previsto del equipo en el futuro.

Son muchas las perspectivas que abre esta investigación, en particular destacamos las siguientes:

- Analizar las oportunidades existentes en los libros de texto de las materias del ámbito científico-tecnológico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato para tratar las implicaciones socioambientales de la tecnología digital.
- Conocer las concepciones de los/as docentes sobre la relevancia del impacto socioambiental de esta tecnología y en qué medida disponen de recursos suficientes para el tratamiento de esta problemática con alumnado de Educación Secundaria en las asignaturas del ámbito científico-técnico.
- Ampliar la muestra de estudiantes implicados en nuevas versiones mejoradas del programa de actividades.

- Adaptar el programa de actividades a la nueva legislación educativa española establecida en la Ley Orgánica 3/2020 y en el Real Decreto 217/2022.
- Mantener vínculos de colaboración con diferentes ONG que desarrollan proyectos de ayuda humanitaria dirigidos a la población que vive en las zonas de extracción de materiales necesarios para la fabricación de dispositivos electrónicos.

Con todo ello, se pretende abrir nuevas líneas de investigación complementarias a la de esta investigación con vistas a contribuir a que estudiantes, docentes e investigadores comprendan la gravedad de la situación socioambiental que nos rodea y se impliquen en la construcción de sociedades más justas y sostenibles.

#### Agradecimientos

Proyecto Educación para una ciudadanía sostenible mediante la formación docente en problemas socioambientales relevantes desde una perspectiva internacional (NOU-PID, UV-SFPIE\_PID-1640693) y Proyecto Educación para el Consumo responsable y el Desarrollo sostenible, Programa REDES-I3CE de Investigación en Docencia Universitaria 2020-21 (Universidad de Alicante-Instituto de Ciencias de la Educación). Profesorado y alumnado de los centros en los que se ha implementado la propuesta didáctica. Revisores/as de este artículo que han contribuido a mejorar su calidad.

#### Declaración de autoría

Las dos autoras han contribuido de manera equitativa en todas las fases del trabajo. La contribución ha sido compartida para cada uno de los criterios considerados: Conceptualización; Obtención de datos; Análisis formal; Investigación; Metodología; Administración del proyecto; Recursos; Software; Supervisión; Validación; Visualización y Redacción del borrador original, así como revisión y edición.

### Referencias bibliográficas

- Alonso-Conde, A. B., Rojo-Suárez, J. y Zúñiga-Vicente, J. Á. (2021). Uso de dispositivos móviles en las aulas de la universidad y rendimiento académico: revisión de la literatura y nueva evidencia en España. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 20, 7-48. <https://doi.org/10.51302/tce.2021.600>
- Ayerbe López, J., y Perales Palacios, F. J. (2025). ABP frente a una metodología convencional: incidencia sobre la conciencia ambiental. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación y Experiencias didácticas*, 43(2), 81-102. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6337>
- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuher, R., Stegmann, P. (2017). *The Global e-Waste Monitor-2017*. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) e International Solid Waste Association (ISWA). [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E\\_WASTE.01-2017-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E_WASTE.01-2017-PDF-E.pdf)
- Bybee, R. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153. <https://doi.org/10.2307/4449248>
- Calero, M., Mayoral, O., Ull, A. y Vilches, A. (2019). La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación y Experiencias didácticas*, 37(1), 157-175. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2605>
- Calero, M., Cantó, J., Pina, T., Mayoral, O. y Vilches, A. (2024a). La Educación para la Sostenibilidad en la formación inicial de maestras y maestros de Educación primaria: propuestas didácticas en el marco de los ODS. En Solbes, J. y Cantó, J. (Eds.). *La enseñanza de las ciencias en la educación primaria: Análisis de la*

- situación, de la formación y propuestas de mejora, pp.159-182. Tirant Humanidades.
- Calero, M., Cantó, J., Mayoral, O., Pina, T., Ull, M.À. y Vilches, A. (2024b). An exploration of Early Childhood and Primary School pre-service teachers' knowledge of the SDGs: Proposals for its implementation in initial teacher training. En Leal Filho, W., Dibbern, T., de Maya, S.R., Alarcón-del-Amo, MdC., Rives, L.M. (Eds.). *The Contribution of Universities Towards Education for Sustainable Development*, pp 305-319. World Sustainability Series. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-49853-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-49853-4_19)
- Carpena, J. y Lopesino, C. (2001). ¿Qué contenidos CTS podemos incorporar a la enseñanza de las ciències? *Alambique*, 29, 34-42.
- Cebrián, G., Fernández Morilla, M., Fuertes, M. T., Moraleda, A. y Segalàs Coral, J. (2019). La influencia del aprendizaje-servicio en el desarrollo de competencias en sostenibilidad en estudiantes universitarios. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 71(3), 151-167. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2019.68276>
- Chuliá-Jordán, R., Vilches Peña, A. y Calero Llinares, M. (2022). The Press as a Resource for Promoting Sustainability Competencies in Teacher Training: The Case of SDG 7. *Sustainability*, 14(2), 857. <https://doi.org/10.3390/su14020857>
- Claudy, M. C., Garcia, R. y O'Driscoll, A. (2015). Consumer resistance to innovation—a behavioral reasoning perspective. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(4), 528-544. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11747-014-0399-0>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>a</sup> ed.). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Cucchiella, F., D'Adamo, I., Koh, S. L. y Rosa, P. (2015). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 51, 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>
- Decreto 87/2015, de 5 de junio, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunitat Valenciana. Diario Oficial de la Generalitat Valenciana, núm. 7544, de 10 de junio de 2015, pp. 17437-18582. [http://www.dogv.gva.es/portal/ficha\\_disposicion\\_pc.jsp?sig=005254/2015&L=1](http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion_pc.jsp?sig=005254/2015&L=1)
- Dhir, A., Koshta, N., Goyal, R. K., Sakashita, M. y Almotairi, M. (2021). Behavioral reasoning theory (BRT) perspectives on E-waste recycling and management. *Journal of Cleaner Production*, 280, Part 1, 124269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124269>
- Furco, A. y Billig, S. H. (2002). *Service learning: The essence of the pedagogy*. IAP.
- García, R., Francisco, A., Moliner, L., y Rubio, L. (2014). Introducción: aspectos clave para el desarrollo del aprendizaje servicio. En Francisco, A., Rubio, y Moliner, L. *Construyendo ciudadanía crítica y activa. Experiencias sobre el Aprendizaje-Servicio en las universidades del Estado español* (pp. 9-22). Icaria.
- García Ferrandis, I., Calero Llinares, M., Mayoral García-Berlanga, O., Menargues Marciilla, A., y Luján Feliu-Pascual, I. (2025). Evaluación de una campaña sobre consumo responsable de dispositivos electrónicos en educación superior. *Profesorado, Revis-*

- ta De Curriculm y Formación Del Profesorado, 29(1), 317-339.  
<https://doi.org/10.30827/profesorado.v29i1.30854>
- Gil-Pérez, D., Vilches, A., Edwards, M., Praia, J., Marques, L. y Oliveira, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.  
<https://doi.org/10.1080/13504620303465>
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2019). La comprensión e impulso de la Sostenibilidad: un requisito imprescindible para una acción educativa y ciudadana eficaz. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(2), 2101.  
[https://doi:10.25267/Rev\\_educ\\_ambiental\\_sostenibilidad.2019.v1.i2.2101](https://doi:10.25267/Rev_educ_ambiental_sostenibilidad.2019.v1.i2.2101)
- Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 21(2), 2801.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2024.v21.i2.2801](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801)
- Hayford, B., Blomstrom, S. y DeBoer, B. (2014). STEM and Service-Learning: Does Service-Learning Increase STEM Literacy? *International Journal of Research on Service-Learning and Community Engagement*, 2( 1).  
<https://doi.org/10.37333/001c.002001004>
- Hicks, D. y Holden, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.  
<https://doi.org/10.1080/1350462950010205>
- Holland, R. W., Aarts, H. y Langendam, D. (2006). Breaking and creating habits on the working floor: A field-experiment on the power of implementation intentions. *Journal of Experimental Social Psychology*, 42(6), 776-783.  
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.jesp.2005.11.006>
- International Telecommunication Union and United Nations Institute for Training and Research (2024). *The Global E-waste Monitor 2024*.  
<https://api.globalewaste.org/publications/file/297/Global-E-waste-Monitor-2024.pdf>
- Kammler, D. C., Truong, T. M., VanNess, G. y McGowin, A. E. (2012). A service-learning project in chemistry: Environmental monitoring of a nature preserve. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1384-1389.  
<https://doi.org/10.1021/ed300109k>
- Kaur, P., Dhir, A., Singh, N., Sahu, G. y Almotairi, M. (2020). An innovation resistance theory perspective on mobile payment solutions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 55, 102059. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102059>
- Kumar, A. (2019). Exploring young adults' e-waste recycling behaviour using an extended theory of planned behaviour model: A cross-cultural study. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 378-389.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.013>
- Laukkanen, T. (2016). Consumer adoption versus rejection decisions in seemingly similar service innovations: The case of the Internet and mobile banking. *Journal of Business Research*, 69(7), 2432-2439. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.01.013>
- Leal Filho, W., Manolas, E. y Pace, P. (2015). The future we want: Key issues on sustainable development in higher education after Rio and the UN decade of

- education for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(1), 112-129. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2014-0036>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2020/BOE-A-2020-17264-consolidado.pdf>
- Lizasoain Hernández, L. (2024). El análisis estadístico de datos en la investigación educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(2), 217-232. <https://doi.org/10.6018/reifop.608261>
- López Fernández, C., Paños Martínez, E., y Ruiz-Gallardo, J.-R. (2025). La voz de los estudiantes en torno a la Agenda 2030 Escolar: desafíos y oportunidades. Un estudio de caso. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 9(1). <https://doi.org/10.17979/arec.2025.9.1.11308>
- Menargues, A., Luján, I., Díez, R., Calero, M., Aguilar, B., Rodenas, M. C. y Ortiz, M. (2021a). Enseñanza y aprendizaje del consumo sostenible a través de un proyecto de aprendizaje servicio en el Grado en Maestro en Educación Infantil. En Satorre, R. (Ed.). *Nuevos retos educativos en la enseñanza superior frente al desafío COVID-19* (pp.351-362). Ediciones Octaedro.
- Menargues, A., Luján, I. y Limiñana, R. (2021b). Enseñanza y aprendizaje de consumo sostenible a través del estudio del ciclo de vida de un teléfono móvil integrando los 17 ODS. *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021: Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible* (Coord. Cañada, F. y Reis, P.), Lisboa, 2021, pp. 1109-1112.
- Morán, Ch., González, L., Nieto, M. y Rodríguez, V. M. (2021). *El conocimiento y la defensa del medio natural en la LOMLOE*. Fuhem Educación Ecosocial. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Nowakowski, P. (2019). Investigating the reasons for storage of WEEE by residents – A potential for removal from households. *Waste Management*, 87, 192-203. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.008>
- Ofei-Manu, P. y Didham, R. J. (2018). Identifying the factors for sustainability learning performance. *Journal Cleaner Production*, 198, 1173-1184. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.126>
- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. A/69/L85. [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/70/L.1&Lang=S)
- Ortega-Lasuen, U., Díez, J. R., Esteve-Guirao, P., y Banos-González, I. (2024). Noticias de prensa sobre el problema de los residuos en el aula: concienciación frente a información. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De Investigación Y Experiencias didácticas*, 42(3), 203-222. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6064>
- Pascual, M. (2021, 23 de junio). Escuelas que nos den de vivir. Otras voces en Educación. <https://otrasvoceseneducacion.org/archivos/380828>
- Prieto, T. y España, E. (2010). Educar para la sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 216-229. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.iextra.06](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.06)

- Ramos-Pardo, F. J., Calderón-Garrido, D., y Alonso-Cano, C. (2023). Una revisión sistemática del uso educativo de teléfonos móviles en tiempos de COVID-19. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 24, e29903. <https://doi.org/10.14201/eks.29903>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 2015, pp. 169-546. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>
- Resch, K. (2018). Third Mission and service learning. A narrative evaluation of the relevance of students' experiences. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 13, 127-139. <https://doi.org/10.3217/zfhe-13-02/08>
- Reverte, N., Calero, M. y Vilches, A. (2023). Las interacciones CTSA en la enseñanza de las ciencias en Educación Secundaria: evolución y perspectivas. *Indagatio Didactica*, 15(1), 307-316. <https://doi.org/10.34624/id.v15i1.32237>
- Ríos, E. y Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 32-56. <http://hdl.handle.net/10550/34994>
- Rivera-Vargas, P., Mateu-Luján, B., Rappoport, S. y Gamboa, Y. (2023). Digitalización de los centros educativos y uso de teléfonos móviles en el aula. Análisis del caso español. *REICE, Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 21(4), 25-43. <https://doi.org/10.15366/reice2023.21.4.002>
- Sachs, J., Lafourne, G., Kroll, Ch., Fuller, G., Woelm, F. (2022). *From Crisis to Sustainable Developmnet: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond. Sustainable Development Report 2022*. Cambridge. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009210058>
- Sánchez Carracedo, F. y López, D. (2021). A Service-Learning Based Computers Reuse Program. *Sustainability*, 13, 7785. <https://doi.org/10.3390/su13147785>
- Segalàs, J. y Sánchez, F. (2019). El proyecto EDINSOST. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 12041-120416. <http://hdl.handle.net/2117/131332>
- Sigmon, R. L. (1994). *Serving to Learn, Learning to Serve. Linking Service with Learning*. Council for Independent Colleges Report.
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza De Las Ciencias. Revista De investigación y Experiencias didácticas*, 22(3), 337-348. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3868>
- Taber, K.S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48, 1273-1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Tandon, A., Dhir, A., Kaur, P., Kushwah, S. y Salo, J. (2020). Behavioral reasoning perspectives on organic food purchase. *Appetite*, 154, 104786. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104786>

- Tarrant, M. A. y Cordell, H. K. (1997). The effect of respondent characteristics on general environmental attitude-behavior correspondence. *Environment and behavior*, 29(5), 618-637. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/0013916597295002>
- Tedesco, L. P. y Salazar, K. A. (2006). Using environmental service-learning in an urban environment to address water quality issues. *Journal of Geoscience Education*, 54, 123-132. <https://doi.org/10.5408/1089-9995-54.2.123>
- UNEP United Nations Environment Programme (2024). *Navigating New Horizons: A global foresight report on planetary health and human wellbeing*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45890>
- UNESCO (2005). *UN Decade of Education for Sustainable Development, 2005-2014: the DESD at a glance*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000141629>
- UNESCO (2014). *Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development*. UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230514e.pdf>
- UNESCO (2017). *Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives*. UNESCO. [https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco\\_education\\_for\\_sustainable\\_development\\_goals.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco_education_for_sustainable_development_goals.pdf)
- UNESCO (2020). *Educación para el Desarrollo Sostenible. Hoja de ruta*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374896>
- Verdera, V. V. (2015). El aprendizaje-servicio: una estrategia para la formación de competencias en sostenibilidad. *Foro de Educación*, (19), 193-212. <https://doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.009>
- Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria a la que debemos y podemos hacer frente. *Revista de Educación*, No. Extr., 101-122.
- Wang, Z., Guo, D., Wang, X. (2016). Determinants of residents' e-waste recycling behaviour intentions: evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 137, 850-860. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.155>
- Yin, J., Gao, Y. y Xu, H. (2014). Survey and analysis of consumers' behaviour of waste mobile phone recycling in China. *Journal of Cleaner Production*, Volume 65, Pages 517-525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.006>
- Ylä-Mella, J., Keiski, R. L. y Pongrácz, E. (2015). Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. *Waste Management*, 45, 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.031>

**Anexo A****Cuestionario sobre Tecnología dirigido al alumnado de Educación Secundaria**

<b>ÍTEM</b>	<b>Referencia</b>
1.- ¿Cada cuánto tiempo cambias de teléfono móvil?  1 año 2 años 3 años 4 años 5 años Más de 5 años	Menargues et al. (2021a) Ylä-Mella et al. (2015) Yin et al. (2014)
2.- ¿Cuáles son los motivos que te han llevado a comprar un teléfono móvil nuevo?  Estilo anticuado El teléfono antiguo no funcionaba adecuadamente Los últimos modelos presentan nuevas aplicaciones Otros	Menargues et al. (2021a) Ylä-Mella et al. (2015) Yin et al. (2014)
3.- ¿Sabes qué materiales se necesitan para fabricar teléfonos móviles?  SÍ NO	Menargues et al. (2021a)
4.- En caso afirmativo, indica cuáles conoces	Menargues et al. (2021a)
5.- ¿Sabes de dónde se extraen esos materiales?  SÍ NO	Menargues et al. (2021a)
6.- ¿Sabes si la extracción de esos materiales tiene algún impacto sobre las personas que viven en esa zona?  SÍ NO	Menargues et al. (2021a)
7.- En caso afirmativo, indica cuáles conoces	Menargues et al. (2021a)
8.- ¿Qué sueles hacer con los teléfonos móviles que ya no te sirven?  Los guardo en casa Se los doy a un familiar o amigo/a Los vendo Los dejo en la tienda al comprar uno nuevo Los llevo a un punto de reciclaje	Menargues et al. (2021a) Ylä-Mella et al. (2015) Yin et al. (2014)

<p>Los tiro a la basura Los dono a una ONG</p>	
<p>9.- ¿Tienes teléfonos móviles antiguos o en desuso en casa? En caso afirmativo, indica cuántos:</p> <p>No tengo ninguno 1 2 3 4 5 Más de 5</p>	Ylä-Mella et al. (2015)
<p>10.- Indica los motivos por los que sueles guardar teléfonos antiguos en casa:</p> <p>No almaceno estos dispositivos en casa Pueden resultar útiles en un futuro, los guardo como teléfonos de repuesto No me preocupa su eliminación Son dispositivos valiosos Dispongo de suficiente espacio para guardarlos Desconozco dónde depositarlos</p>	Nowakowski (2019) Ylä-Mella et al. (2015)
<p>11.- Indica los motivos por los que no reciclas los teléfonos móviles en desuso:</p> <p>Prefiero regalar el teléfono a familiares o amigos que reciclarlo Desconozco dónde depositarlo para su reciclaje Los teléfonos móviles antiguos pueden ser utilizados como dispositivos de almacenamiento Por miedo a la divulgación de la privacidad Sí que los reciclo</p>	Yin et al. (2014)
<p>12.- ¿Sabes que los teléfonos móviles en desuso contienen sustancias tóxicas y peligrosas, como plomo, mercurio o arsénico?</p> <p>No, lo desconozco Sí, conozco un poco sobre el tema Sí, conozco el tema Sí, conozco bastante sobre el tema Sí, es un tema que me resulta muy familiar</p>	Yin et al. (2014)
<p>13.- ¿Sabes que los teléfonos móviles en desuso contienen metales preciosos reciclables como el oro, la plata o el paladio?</p> <p>No, lo desconozco Sí, conozco un poco sobre el tema Sí, conozco el tema Sí, conozco bastante sobre el tema</p>	Yin et al. (2014)

Sí, es un tema que me resulta muy familiar	
Valora tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones sobre el impacto del uso de teléfonos móviles (1=Total desacuerdo, 5=Muy de acuerdo):	
14) Comprendo el impacto ambiental que tienen los teléfonos móviles a lo largo de su ciclo de vida	Elaboración propia
1      2      3      4      5	
15) Conozco la problemática social asociada al ciclo de vida de los teléfonos móviles:	Elaboración propia
1      2      3      4      5	Segalàs y Sánchez (2019)
16) Considero que realizo un consumo sostenible de esta tecnología:	
1      2      3      4      5	
Valora tu grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones sobre el reciclaje de teléfonos móviles en desuso (1=Total desacuerdo, 5=Muy de acuerdo):	
17) El reciclaje de estos dispositivos reduce los peligros para la salud	Dhir et al. (2021)
1      2      3      4      5	
18) El reciclaje de dispositivos electrónicos reduce las posibilidades de daños accidentales en el hogar	Dhir et al. (2021)
1      2      3      4      5	
19) El reciclaje adecuado de dispositivos electrónicos protege el medio ambiente de los productos químicos tóxicos	Claudy et al. (2015)
1      2      3      4      5	
20) El reciclaje de dispositivos electrónicos reduce la emisión de gases de efecto invernadero	Claudy et al. (2015)
1      2      3      4      5	
21) Me da miedo que el centro de recogida pueda hacer un mal uso de mi dispositivo electrónico	Kaur et al. (2020)
1      2      3      4      5	
22) Considero que los gastos del manejo de dispositivos electrónicos para su reciclaje son altos.	Laukkanen (2016), Wang et al. (2016)
1      2      3      4      5	
23) En mi opinión, el reciclaje de residuos electrónicos es demasiado complicado para ser útil	Kaur et al. (2020)

1      2      3      4      5	
24) En mi opinión, no es fácil encontrar información sobre el reciclaje de residuos electrónicos.	Tandon et al. (2020)
1      2      3      4      5	Tandon et al. (2020)
25) En mi opinión, no es fácil encontrar un centro de recogida de residuos electrónicos.	Tarrant y Cordell (1997)
1      2      3      4      5	Tarrant y Cordell (1997)
26) He leído boletines, revistas u otras noticias escritas por grupos ecologistas.	Tarrant y Cordell (1997)
1      2      3      4      5	Wang et al. (2016), Kumar (2019)
27) Alguna vez he evitado comprar los productos de una empresa porque sentía que la empresa estaba dañando el medio ambiente.	Holland et al. (2016)
1      2      3      4      5	Holland et al. (2016)
28) El reciclaje de dispositivos electrónicos es bueno	
1      2      3      4      5	
29) Estoy dispuesto/a a hablar con mis amigos/as sobre los modos apropiados de deshacerse de los aparatos electrónicos (teléfonos móviles, ordenadores portátiles, etc.)	
1      2      3      4      5	
30) Estoy dispuesto/a a dedicar un tiempo a reciclar mis viejos aparatos electrónicos (teléfonos móviles, ordenadores portátiles, etc.)	
1      2      3      4      5	
En cada cuestionario se ha solicitado al alumnado que indique el Curso (1º ESO, 2º ESO, 3º ESO, 4º ESO, 1º BACHILLERATO o 2º BACHILLERATO) y el Grupo (A, B, C, D o E) al que pertenece.	

**Anexo B****Cuestionario de evaluación por parte del alumnado del programa de actividades**

1.- Valora de 0 a 10 en qué medida el trabajo realizado en esta asignatura te ha ayudado a comprender mejor la problemática socioambiental asociada al consumo de dispositivos electrónicos y, sobre todo, la necesidad y posibilidad de avanzar hacia un consumo responsable:

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

---

2.- Completa tu respuesta con algún comentario y/o sugerencia, así como con las razones de tu valoración

---

3.- Valora de 0 a 10 el interés de las actividades realizadas durante el proyecto:

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

---

4.- Indica si alguna te ha interesado en particular y si hay alguna que pienses que no conviene hacer, indica también el porqué de tu respuesta:

---

5.- Valora de 0 a 10 hasta qué punto piensas que este trabajo puede mejorar tu implicación para favorecer una Tecnología Libre de Conflicto y tomar las medidas necesarias:

0      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

---

6.- ¿Crees que tu compromiso respecto a la problemática asociada al uso de dispositivos electrónicos ha mejorado tras la realización de las actividades planteadas? Comenta cómo y porqué lo crees:

---

7.- ¿Qué otros aspectos, relacionados con el tema, te hubiera gustado trabajar y cuáles no te han parecido interesantes? Indica los comentarios, críticas o sugerencias sobre la propuesta didáctica que creas conveniente.

---