



## Promoviendo la Didáctica de la Educación Ambiental mediante una propuesta que fomenta el razonamiento científico-matemático


Irene Guevara Herrero – Universidad Autónoma de Madrid

 0000-0002-8004-0402


José Manuel Pérez Martín – Universidad Autónoma de Madrid

 0000-0002-0658-9050

Julián Roa González – Universidad a Distancia de Madrid

 0000-0002-4017-3067

Beatriz Bravo Torija – Universidad Autónoma de Madrid

 0000-0001-6236-6807

Recepción: 24.03.2023 | Aceptado: 12.04.2023

Correspondencia a través de **ORCID**: Irene Guevara-Herrero

 **0000-0002-8004-0402**

Citar: Guevara-Herrero, I, Pérez-Martín, JM, Roa González, J, & Bravo-Torija, B (2023). Promoviendo la Didáctica de la Educación Ambiental mediante una propuesta que fomenta el razonamiento científico-matemático. *REIDOCREA*, 12(14), 175-189.

Financiación: Este trabajo ha sido realizado gracias al contrato de investigación predoctoral FPI-UAM (IGH) y a la estancia predoctoral en la UDIMA (IGH y JRG), en el marco del proyecto de transferencia *Teachers as Environmental Learning Hub: Biodiversidad Urbana 2022/0375* – Programa: 465059 (IGH, JMPM, BBT).

Área o categoría del conocimiento: Didáctica de las Ciencias Experimentales y Didáctica de las Matemáticas.

**Resumen:** La Educación Ambiental cuenta con una larga trayectoria histórica con un marcado enfoque teórico y poco didáctico. Por ello, actualmente existen grandes limitaciones en las prácticas educativas, posiblemente derivadas de la escasa atención que se le ha proporcionado a la formación docente. Tratando de repensar esta formación, resulta necesario elaborar y difundir propuestas didácticas, para que, implementándolas, doten a los futuros maestros y maestras de vivencias y herramientas que les permitan implementar actuaciones de éxito en sus aulas. En este artículo se presenta una actividad basada en la argumentación y el uso de pruebas, en formato de tablas y gráficos, para trabajar el lenguaje científico-matemático en el contexto del desplazamiento y sustitución de especies en un ecosistema. Además, se analizan las destrezas científico-matemáticas que deben poner en juego los docentes en formación al trabajar la propuesta diseñada y se valora el potencial didáctico de la actividad para promover una Educación Ambiental desde una perspectiva transformadora. En general, la actividad promueve la aplicación de destrezas básicas, de investigación y comunicativas y fomenta la formación de una ciudadanía y un colectivo docente informados, reflexivos, críticos y participativos.

**Palabra clave:** Didáctica de la Educación Ambiental

### ***Promoting the Didactics of Environmental Education through a proposal that encourages scientific-mathematical reasoning***

**Abstract:** Environmental Education has a long history with a strong theoretical and not very didactic approach. As a result, there are currently major limitations in educational practices, possibly due to the scant attention that has been paid to teacher training. In an attempt to rethink this training, it is necessary to develop and disseminate didactic proposals, so that, by implementing them, future teachers are provided with experiences and tools that will enable them to implement successful actions in their classrooms. This article presents an activity based on argumentation and the use of evidence, in the form of tables and graphs, to work on scientific-mathematical language in the context of the displacement and replacement of species in an ecosystem. In addition, the scientific-mathematical skills that trainee teachers should bring into play when working on the proposal designed are analyzed, and the didactic potential of the activity to promote Environmental Education from a transformative perspective is assessed. In general, the activity promotes the application of basic, research and communication skills and fosters the formation of an informed, reflective, critical and participatory citizenry and teaching staff.

**Keyword:** Didactics of Environmental Education

## Introducción

Nos encontramos inmersos en una crisis socioambiental sin precedentes, en la que no todos podrán vivir en unas condiciones dignas (Herrero, 2022). Esto se debe al desigual

reconocimiento, participación y distribución de los beneficios y los perjuicios que derivan de la aplicación de acciones en materia de medio ambiente (Carneros et al., 2018; Murga-Menoyo, 2018). Se trata de una crisis compleja y multidimensional, cuyas posibles soluciones pasan por modificar los estilos de vida, las costumbres y los valores legitimados (Bautista-Cerro et al., 2019). Por ello, los problemas ambientales se han tenido en cuenta en la esfera política, social, económica, educativa y científica desde hace más de 50 años (Márquez Delgado et al., 2021). Sin embargo, las iniciativas y medidas desarrolladas han resultado insuficientes (Bautista-Cerro et al., 2019; ONU, 2022; Ripple et al., 2017) dado que los problemas ambientales siguen estando presentes.

Centrándonos únicamente en el ámbito educativo, pocos años después de la publicación del libro *Primavera Silenciosa* (Carson, 1962), se definió por primera vez el término de Educación Ambiental, considerándola la vía para crear una ciudadanía informada sobre el medioambiente y sus problemas, consciente de cómo ayudar a resolverlos y motivada en participar en su solución (Stapp et al., 1969). Desde entonces, se han desarrollado multitud de trabajos que, principalmente, han tratado de perfeccionar la definición y las perspectivas de este concepto (Gil Pérez y Vilches, 2017; López et al., 2018; Sauvé, 2003, 2005). Estos esfuerzos han permitido avanzar enormemente en el marco teórico de la Educación Ambiental (Barba, 2019), sin embargo, han provocado una desatención de la parte didáctica (Guevara-Herrero et al., 2023; Gutiérrez-Bastida, 2019; Mora-Penagos y Guerrero-Guevara, 2022; Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2022; Pérez-Martín et al., 2022; Roldán-Arcos et al., 2022). Por este motivo, actualmente existen grandes limitaciones en las prácticas educativas de este ámbito de conocimiento, que son muy similares a las necesidades que presentaba en origen (Huckle, 1993; Mogensen y Mayer, 2009; Pérez-Martín et al., 2022).

La primera de estas limitaciones tiene que ver con el contenido de lo que se enseña. En general, las prácticas educativas se han basado en informar sobre cuestiones relacionadas con la naturaleza y los problemas ambientales, dejando de lado la comprensión de sus causas, la reflexión, el espíritu crítico o la capacitación para la acción (García Díaz, 2004; Gutiérrez-Bastida, 2019; Mogensen y Mayer, 2009; Mora-Penagos y Guerrero-Guevara, 2022; Pérez-Martín y Bravo-Torija, 2018). Esto ha provocado que el alumnado conozca las situaciones y cómo actuar frente a ellas, pero no modifique sus conductas, ni hábitos diarios, a lo que algunos autores han denominado, buenismo ambiental (Pérez-Martín et al., 2019). Esto es así porque, aunque los estudios reconocen que el conocimiento ambiental es un elemento primordial en este ámbito, no es el único requisito para que un individuo sepa qué acciones tomar, sino que entran en juego otros factores como la sensibilización o los valores personales (Otto y Pensini, 2017).

Por otro lado, la segunda limitación está relacionada con la anterior y tiene que ver con el enfoque multidimensional, poco utilizado en la enseñanza de la Educación Ambiental (Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2022). Las intervenciones educativas se han realizado desde una perspectiva ecológica, obviando el enfoque social (contribución y distribución de los beneficios y los perjuicios de los problemas ambientales), ético (valores y modificación de hábitos) o de la salud (aparición de enfermedades) (Guevara-Herrero et al., 2023; Roldán-Arcos et al., 2022). Además, se han limitado a presentar problemas globales y soluciones generales (Mora-Penagos y Guerrero-Guevara, 2022; Murga-Menoyo y Novo, 2017; Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2022; Sauvé, 1999), que, por lo general, no se personalizan (Blanchet-Cohen y Reilly, 2013; Cerri et al., 2018; Liobikienė y Poškus, 2019), dado que no tienen en cuenta el ámbito y la capacidad de actuación del alumnado (Pérez-Martín y Bravo-Torija, 2018). Por todo ello, se ha generado un aprendizaje poco profundo de las situaciones, a pesar de que, desde finales del siglo XX, diferentes autores mencionaban la relevancia de poner en juego estrategias para

adquirir una visión integral del mundo y desarrollar una motivación interna que oriente a la participación (Sauvé, 1999, 2003; Warburton, 2003).

La tercera limitación tiene que ver con la evaluación de las propuestas e intervenciones. En todo proceso de enseñanza-aprendizaje, la evaluación desempeña un papel fundamental. Sin embargo, en el marco de la Educación Ambiental es poco frecuente explicitar la evaluación de las actividades (Roldán-Arcos et al., 2022), lo que dificulta, o incluso impide, la comprensión del progreso y mejora de los aprendizajes del alumnado. En este sentido, existe una necesidad de definir instrumentos adecuados para evaluar la adquisición de la competencia ambiental (Medir et al., 2016; Pérez-Martín y Bravo-Torija, 2018; Pérez-Martín et al., 2022; Roldán-Arcos et al., 2022). Sin embargo, no hay consenso en una herramienta unívoca para valorar la adquisición de dicha competencia (Ver Álvarez-García et al., 2018), ya que existen múltiples versiones (Olsson y Gericke, 2016; Romero Ariza et al., 2021) demasiado complejas para implementarlas de forma rutinaria. Es cierto, que en el ámbito de la Educación Ambiental existe una dificultad añadida. Y es que los resultados actitudinales y conductuales suelen ser evidentes a largo plazo, lo que complica su medición al final del proceso educativo (Gutiérrez-Bastida, 2019) que suele ser muy corto en el tiempo. Quizás por este motivo la evaluación de las actividades se ha centrado mayoritariamente en valorar cuestiones conceptuales, de tipo ecológico, o en medir la satisfacción de los participantes (Roldán-Arcos et al., 2022). En otros casos, se ha tratado de fomentar que los estudiantes conozcan y verbalicen la conducta correcta, independientemente de que la pongan o no en marcha en su vida cotidiana (Pérez-Martín, 2022).

Es posible que las limitaciones hasta ahora mencionadas sean una consecuencia directa de la formación docente en Educación Ambiental (Cantó, 2016). Los estudios han demostrado que el colectivo docente, a pesar de presentar actitudes positivas y una elevada conciencia ambiental, poseen múltiples dificultades. Entre ellas destacan sus bajos niveles de conocimiento disciplinar (Álvarez-García et al., 2018), sus limitaciones al integrar la perspectiva socioambiental (Guerrero Fernández et al., 2022) y su desconocimiento sobre qué estrategias o recursos utilizar al elaborar propuestas didácticas de éxito, por lo que demandan materiales y recursos didácticos (Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2022). Debido a todas estas inseguridades, los maestros y maestras han optado por externalizar la enseñanza de estos contenidos mediante visitas de expertos o la organización de salidas de campo guiadas por monitores (Barba, 2019; Zhou, 2015). Estos especialistas dominan enormemente el contenido, pero desconocen las herramientas para realizar una transposición didáctica adecuada a las distintas edades, por lo que terminan desarrollando una exposición conceptual de contenidos científicos (Gutiérrez-Bastida, 2019; Pérez-Martín et al., 2022).

Por todo ello, resulta necesario modificar la formación docente en Educación Ambiental, con el fin de que el profesorado, como responsable directo del proceso de enseñanza-aprendizaje, se sienta empoderado y sea capaz de diseñar y desarrollar intervenciones educativas de éxito por sí mismo (Pérez-Martín, 2023; Pérez-Rodríguez et al., 2017). Dicha modificación debe estar orientada hacia el desarrollo de una Educación Ambiental Transformadora, que permita formar una ciudadanía y un colectivo de maestros y maestras informados, conscientes, reflexivos, críticos y participativos (Lorenzo-Rial et al., 2020; Mogensen y Mayer, 2009; Mogren et al., 2019; Romero Ariza et al., 2021; Valladares, 2021). Para ello, los docentes deben ser conscientes de los problemas socioambientales, su interrelación y sus consecuencias; también deben conocer las herramientas, los enfoques y los recursos que permitan mejorar los resultados de aprendizaje; por último, no hay que olvidar que deben saber en qué momento evolutivo se deben trabajar estos contenidos. En definitiva, la formación debería estar orientada hacia el desarrollo del Conocimiento Didáctico del Contenido de la Educación Ambiental (Pérez-Martín et al., 2022; Zhou, 2015).

Centrándonos en la parte didáctica, entre las estrategias para mejorar la enseñanza de la Educación Ambiental se encuentran la argumentación y el uso de pruebas. La argumentación se puede definir como un proceso dialógico en el que cada una de las personas involucradas emiten enunciados respaldados en justificaciones, que pueden ser cuestionados por el resto de los participantes (Bächtold et al., 2022). Por su parte, el uso de pruebas permite crear argumentos con los que defender las hipótesis o conclusiones (Jiménez-Aleixandre et al., 2000). Cuando ambas se conjugan, se consideran una herramienta didáctica ideal en la enseñanza de las ciencias, dado que facilita el desarrollo de habilidades en los estudiantes como el pensamiento crítico (Jiménez-Aleixandre, 2020) y la toma de decisiones para resolver problemas complejos (Jonassen y Kim, 2010), lo que los prepara hacia la participación social. De modo que, introducir esta herramienta en el aula, supone involucrar al alumnado en debates con el fin de que emitan argumentos y confronten puntos de vista opuestos (Rapanta et al., 2021). En estos casos, resulta fundamental que sean capaces de manejar y contrastar información, que les permita emitir juicios argumentados y así participar en un proceso de toma de decisiones (Leung, 2022), lo que supone un ensayo para la vida cotidiana. En muchas ocasiones del día a día, estos datos pueden encontrarse de manera textual o pueden estar representados en forma de tablas o gráficos. En este sentido, la organización, representación e interpretación de la información proporcionada en estos formatos se considera una destreza básica en la enseñanza científico-matemática (National Research Council, 2013; Niss, 2003; Pro, 2013). Sin embargo, se ha observado que los docentes en formación manifiestan carencias al organizar información y al elaborar gráficos de manera autónoma para tratar de resolver un problema de investigación (Arteaga et al., 2016; Esquivel-Martín et al., 2019).

En base a lo anteriormente expuesto, parece evidente la necesidad de diseñar y distribuir actividades y recursos didácticos útiles y en abierto. Por ello, los objetivos de este trabajo son:

- Diseñar una propuesta educativa basada en la argumentación y el uso de pruebas para promover una Didáctica de la Educación Ambiental desde una perspectiva transformadora en la formación docente.
- Analizar las destrezas científico-matemáticas que deberían poner en juego los docentes en formación al trabajar la propuesta didáctica diseñada.

## **Método**

Tratando de alcanzar los objetivos planteados, en este trabajo se describe detalladamente una propuesta didáctica enmarcada en el contexto de la Educación Ambiental y dirigida a docentes en formación (de Educación Infantil y Educación Primaria). Concretamente, se presenta un caso relacionado con el desplazamiento y sustitución de especies en un ecosistema por la disponibilidad de alimento, que debe ser resuelto por los futuros maestros y maestras mediante la argumentación y el uso de pruebas presentadas en formato de tablas y gráficos.

Además, se presenta el análisis de las destrezas científico-matemáticas (Niss, 2003; Pro, 2013) que deben poner en juego los docentes en formación para resolver el caso. Dado que se trata de una propuesta, dicho análisis se realiza a partir de la respuesta de referencia en todas sus dimensiones, tal y como se ha realizado en estudios anteriores (Aranda-Cuerva y Pérez-Martín, 2021; Esquivel-Martín et al., 2019).

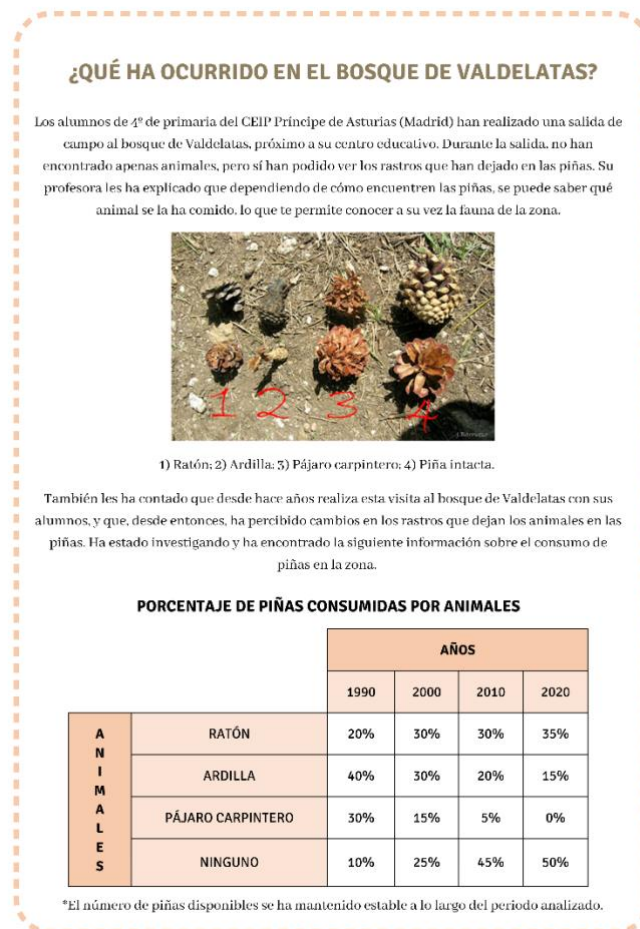
Tras ello, se valorará el potencial didáctico de esta actividad para promover una Educación Ambiental desde una perspectiva transformadora. En este sentido, teniendo en cuenta el diseño de la secuencia y la respuesta de referencia se discutirá si las acciones demandan el uso de pruebas, la argumentación y el razonamiento científico a

través de datos matemáticos, para fomentar una participación reflexiva y crítica en la toma de acción.

## Resultados

### Secuencia didáctica<sup>1</sup>

La actividad se inicia con la lectura de un enunciado (fase 1) en el que se especifica el contexto del problema. Para ello, se les proporciona a los futuros docentes (organizados en grupos) el material de la figura 1, en la que se describe un cambio en el rastro que han dejado los animales que consumen piñas en el bosque de Valdelatas.



**Figura 1.** Material mediante el que se presenta el problema a los alumnos. Fuente de la imagen: <https://depaseoporlanaturaleza.blogspot.com/2012/05/pinas-quien-se-las-comio-un-rastro-es.html>

A continuación, se pide a cada uno de los grupos que representen la información recogida en la tabla del enunciado, en una gráfica (hoja 1). Además, deben explicar por escrito, lo más detalladamente posible, qué información pueden extraer de la gráfica diseñada (hoja 2). Es importante que este trabajo se realice en hojas distintas.

Una vez realizada la tarea anterior se inicia la fase 2. El docente encargado de la sesión recoge el material elaborado por cada uno de los grupos y lo redistribuye de nuevo, de modo que cada uno de ellos tenga un material distinto al elaborado por sí mismos. En

<sup>1</sup> Los datos utilizados en esta actividad son ficticios.

primer lugar, se les proporciona exclusivamente la hoja 1 y se les pide que anoten qué información pueden extraer a partir del gráfico y qué limitaciones encuentran en su representación. Posteriormente, se les entrega la hoja 2 para que comprueben si mediante el gráfico de sus compañeros han sido capaces de extraer toda la información que ellos pretendían en un inicio.

La fase 3 tiene que ver con la interpretación de los datos presentados en el enunciado. Para ello, el docente entrega de nuevo la hoja 1 y 2 a sus correspondientes autores y les plantea las siguientes preguntas: ¿qué ha ocurrido en el bosque de Valdeletas?, ¿cómo justificaríais lo ocurrido? Los estudiantes deben entregar un informe por escrito en el que se respondan a estas preguntas. En el caso de que tengan dificultades para interpretar los datos, el docente dispone de una serie de preguntas mediadoras, que le permitirán guiar al grupo para la interpretación y obtención de conclusiones. Dichas preguntas mediadoras, que las podrá formular de manera oral o proporcionar por escrito, son las siguientes:

- ¿Qué ocurre con el paso de los años en el bosque de Valdeletas?
- ¿Qué observamos en la gráfica, una variación en el número de animales o una variación en el consumo de piñas por animales de la zona? Explica tu respuesta.
- ¿Desaparece alguna especie? ¿Cuál? ¿Por qué?
- ¿Crees que ha variado el número de animales en estos años? ¿Por qué?
- ¿Se ha producido una sustitución de especies?

Para finalizar (fase 4), se realiza una puesta en común, en la que el profesor muestra a los futuros maestros y maestras dos posibles formas de representar los datos de la tabla en una gráfica (Figura 2).

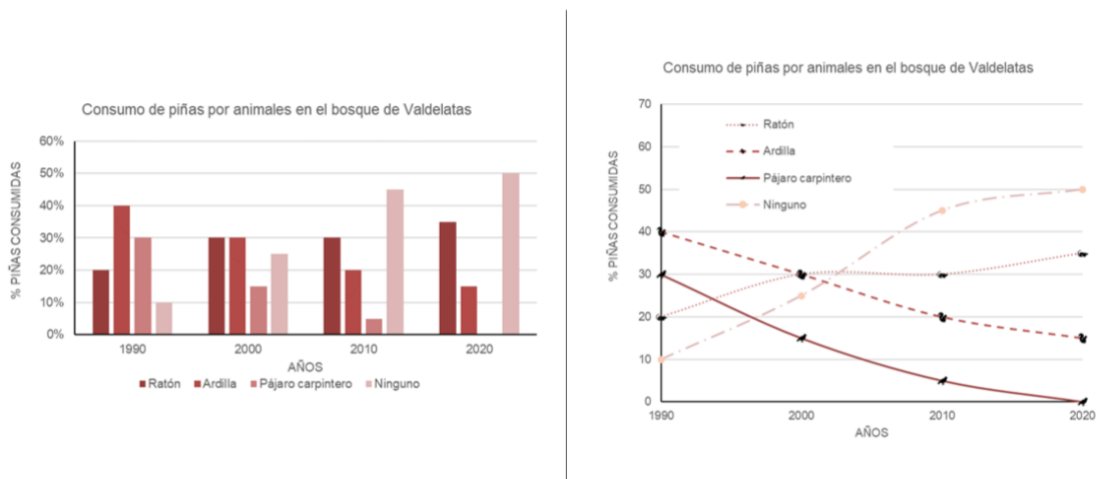


Figura 2. Ejemplos de representación en forma de gráfica de los datos utilizados en el caso.

Además, tras escuchar todas las versiones creadas por los grupos, se elabora una respuesta única en base a todas ellas, y se resuelve el caso presentado en base a la siguiente respuesta de referencia<sup>2</sup> y las gráficas de la figura 2.

<sup>2</sup> Esta respuesta de referencia se entregará a los estudiantes a modo de solución del caso. Por tanto, tendrá un formato de ficha similar a la Figura 1, pero para facilitar su lectura en este artículo se incluye como cuerpo de texto.

En los años 90, en el bosque de Valdelatas, se encontraban tres especies de animales que se alimentaban de piñas: pájaros carpinteros, ardillas y ratones. Se desconoce el número exacto de individuos de estas especies, pero lo que sí se sabe es que las ardillas eran los animales que más piñas consumían, seguidas de los pájaros carpinteros y de los ratones. En esa época, el consumo de piñas era elevado, dado que solo 10% de las piñas permanecían intactas.

Diez años más tarde (2000) se sabe que en el bosque de Valdelatas seguían coexistiendo los pájaros carpinteros, las ardillas y los ratones. Sin embargo, el consumo de piñas se modificó. Las ardillas consumían un 10% menos de piñas con respecto a 1990. Esto pudo deberse a que en ese momento los ratones, competían con ellas, dado que aumentaron su consumo (pasando del 20% al 30%). Por otro lado, los pájaros carpinteros redujeron su consumo en un 15%, lo que se puede interpretar como un descenso del número de individuos de esta especie. Es posible que se hubieran desplazado a otros lugares donde la competencia por conseguir comida fuera menor. En cualquier caso, se sigue sin conocer el número de individuos de cada animal que hay en la zona, pero sí se sabe que se están reduciendo las poblaciones, dado que el porcentaje de piñas intactas había aumentado en ese momento.

En el año 2010, la tendencia era similar. Los ratones mantuvieron su consumo de piñas (30%), mientras que el de las ardillas y los pájaros carpinteros siguió disminuyendo (20% y 5% respectivamente). Por ello, se interpreta que continúan descendiendo el número de individuos (y el tamaño de las poblaciones) dado que, además, el porcentaje de piñas no consumidas sigue aumentando (45%)

En 2020, se observa que no hay rastro de piñas consumidas por pájaros carpinteros, lo que significa que esta especie ha desaparecido de la zona, o al menos ya no se alimenta allí. El consumo de piñas por ardillas continúa disminuyendo, siguiendo una tendencia similar a la de los pájaros carpinteros. Por lo que es posible que en unos años también desaparezcan. Con respecto a los ratones siguen aumentando su consumo (35%), posiblemente por la mayor disponibilidad de alimento. En general, se observa cómo en el bosque de Valdelatas el número de especies que consumen piñas es menor (dos especies) y el número de consumidores también disminuye (el 50% de las piñas no se consumen), por lo que quizás se hayan asentado otras especies que sobreviven con otro tipo de alimento.

Por todo ello, las conclusiones obtenidas serán:

- Los pájaros carpinteros han desaparecido del bosque de Valdelatas, o en todo caso, ya no se alimentan de piñas allí.
- El número de ardillas ha disminuido, o en todo caso, ya no comen tantas piñas allí.
- El número de ratones no tiene por qué haber aumentado, pero si han incrementado su consumo de piñas.
- Actualmente, el número de especies que consumen piñas en el bosque de Valdelatas es menor que al inicio del estudio.
- El número de animales que consumen piñas en el bosque de Valdelatas es cada vez menor.

## ***Análisis de las destrezas científico-matemáticas***

Siguiendo la clasificación de destrezas científicas y matemáticas elaborada por Pro (2013) y Niss (2003), a continuación (Tabla 1) se describen cuáles de ellas deben poner en juego los docentes en formación al trabajar la propuesta didáctica diseñada en base a la respuesta de referencia. La clasificación original establece cuatro grupos: técnicas, básicas, de investigación y comunicativas. En este caso, dado que la propuesta no implica realizar montajes, construir aparatos, máquinas o maquetas, ni utilizar técnicas audiovisuales e informáticas (todas ellas consideradas destrezas técnicas), se presenta el análisis de las destrezas englobadas en los tres grupos restantes.

### *Destrezas básicas*

Para resolver el caso planteado resulta imprescindible que los docentes en formación empleen destrezas básicas, relacionadas con la transformación de datos. Concretamente, en la fase 1 deben organizar la información representada en forma de tabla y diseñar un gráfico en base a la misma. Además, al pedirles un informe en el que describan qué información pueden extraer de las gráficas diseñadas (fase 1) y otro en el que expliquen el cambio ocurrido en el bosque de Valdelatas (fase 2) estarán poniendo en juego la destreza relacionada con la descripción de observaciones y situaciones. Por último, el trabajo con imágenes, tablas y gráficas implica la identificación de propiedades observables mediante la vista. Sin embargo, esta propuesta no promueve el desarrollo de destrezas relacionadas con la clasificación y la medición, ambas incluidas en este grupo.

### *Destrezas de investigación*

Las destrezas de investigación que implican la puesta en marcha de esta actividad son muy numerosas. Principalmente, deben ponerse en juego en la fase 3 de la secuencia didáctica. En este sentido, cuando se pregunta a los futuros maestros y maestras qué ha ocurrido en el bosque de Valdelatas, se espera que identifiquen fenómenos observables, reconozcan una situación problemática e identifiquen las partes o variables asociadas al problema. Concretamente, deben reconocer el problema del desplazamiento y sustitución de especies en un ecosistema por la disponibilidad de alimento. Además, al pedirles una justificación de lo ocurrido, se espera que los estudiantes emitan posibles explicaciones y realicen predicciones a partir de los datos proporcionados, tal y como se ha descrito en la respuesta de referencia.

En general, la resolución del caso planteado implica que los docentes en formación sean capaces de interpretar datos y reconocer tendencias; identificar y seleccionar pruebas; y establecer conclusiones a partir de los resultados.

### *Destrezas comunicativas*

En cuanto a las destrezas comunicativas, esta propuesta didáctica demanda que los futuros maestros y maestras identifiquen, analicen y contrasten ideas recogidas en material escrito (enunciado del caso) y visual (imágenes, tablas y gráficos). Para ello, es necesario que busquen información en los distintos tipos de recursos proporcionados, con el fin de elaborar los informes requeridos (fase 1 y 3) para responder a la pregunta de investigación planteada.



**Tabla 1.** Destrezas científicas que deben poner en juego los docentes en formación al trabajar la propuesta didáctica diseñada. Adaptado de Niss (2003) y Pro (2013).

| DESTREZAS  |   |   |
|--|---|---|
| DESTREZAS BÁSICAS                                      | Descripción de observaciones y situaciones.   | X |
|  | Identificación de propiedades observables sensorialmente.   | X |
|  | Diseño y utilización de criterios de clasificación o claves propias o de otros.   |   |
|  | Utilización de procesos de seriación y ordenación.  |   |
|  | Conocimiento de la utilidad y del funcionamiento del aparato.   |   |
|  | Registro de datos cuantitativos o cuantitativos.  |   |
|  | Estimación de medidas sin realizarlas.  |   |
|  | Conocimiento de la precisión del instrumento.   |   |
|  | Organización, representación y extrapolación de datos (cuadros, tablas...).   | X |
| DESTREZAS DE INVESTIGACIÓN                             | Identificación de hechos y fenómenos (no) observables.  | X |
|  | Reconocimiento de la similitud de hechos y fenómenos.   |   |
|  | Reconocimiento de una situación problemática.   | X |
|  | Identificación de las partes, variables y magnitudes asociadas a los diferentes hechos y aspectos de la situación problemática. | X |
|  | Establecimiento de conjeturas contrastables   | X |
|  | Realización de predicciones a partir de observaciones y experiencias.   | X |
|  | Emisión de hipótesis o posibles explicaciones.  | X |
|  | Identificación de variables y magnitudes asociadas a un problema concreto.  |   |
|  | Establecimiento de relaciones entre las variables.  |   |
|  | Reconocimiento y utilización de procesos de control y exclusión de variables.   |   |
|  | Identificación y selección de pruebas para respaldar una afirmación (razonamiento matemático).                                  | X |
|  | Identificación de estrategias para resolver un problema.  | X |
|  | Interpretaciones de observaciones, medidas, situaciones...  |   |
|  | Interpretación de datos y reconocimiento de tendencias en estos   | X |
|  | Realización de cálculos matemáticos.  |   |
| Establecimiento de conclusiones a partir de resultados | X   |   |
| DESTREZAS COMUNICATIVAS                                | Representación simbólica de sustancias, sistemas, observaciones, etc.   |   |
|  | Representación simbólica de sistemas, observaciones, hechos, fenómenos...   |   |
|  | Representación y uso de analogías, modelos etc.   |   |
|  | Uso de esquemas, mapas conceptuales, V de Gowin...  |   |
|  | Identificación, selección y análisis de ideas en material escrito o audiovisual   | X |
|  | Búsqueda de información en distintos materiales   | X |
|  | Contraste de ideas  | X |
| Elaboración de informes                                | X   |   |

## Discusión y conclusiones

Han pasado más de 50 años desde el origen de la Educación Ambiental y desde entonces, se ha tratado de mejorar continuamente la definición de este concepto. La constante redefinición de su significado ha sido tan integradora, que el propio término ha perdido su valor semántico, quedando vacío de un significado preciso (Guevara-Herrero et al., 2023) y convirtiéndolo en un cajón de sastre. A su vez, estos esfuerzos a nivel teórico para definir y consensuar unos contenidos por parte de la comunidad científica han conducido a una desatención de la dimensión didáctica de la Educación Ambiental (Gutiérrez-Bastida, 2019; Pérez-Martín et al., 2022). Esta desatención de la parte educativa ha provocado que los docentes no dispongan de una formación específica que les permita implementar actividades eficaces en sus aulas (Álvarez-

García et al., 2018; Guerrero Fernández et al., 2022; Pérez-Martín y Esquivel-Martín, 2022; Pérez-Martín, 2023). A pesar de ello, se les ha responsabilizado de tener que promover cambios de conducta en la ciudadanía. Por este motivo, las propuestas desarrolladas en el marco de la Educación Ambiental presentan grandes carencias (Roldán-Arcos et al., 2022; Varela-Losada et al., 2016).

Con el fin de incrementar el impacto de los aprendizajes en Educación Ambiental, se debe fomentar el componente didáctico de esta disciplina en la formación docente (Guevara-Herrero y Pérez-Martín, 2023; Pérez-Martín et al., 2022). Para ello, resulta necesario elaborar y difundir propuestas educativas, para que, implementándolas, doten a los futuros maestros y maestras de vivencias y herramientas que les permitan decidir cómo abordar estos contenidos desde sus aulas. Estas actividades deberían pretender formar una ciudadanía informada, reflexiva, crítica y participativa, es decir, promover una Educación Ambiental Transformadora (Guevara-Herrero y Pérez-Martín, 2023; Lorenzo-Rial et al., 2020; Pérez-Martín et al., 2022). En este sentido, y teniendo en cuenta que mucha de la información que manejan los ciudadanos y ciudadanas se presenta en forma de tablas o gráficos (Alsina et al., 2020; Batanero, 2019), sería muy recomendable integrar ese lenguaje científico-matemático en las propuestas, lo que implica la puesta en práctica de destrezas relacionadas con estos dos ámbitos de conocimiento.

Para valorar el potencial didáctico de la actividad presentada, a continuación, se discute si su diseño permite promover una Educación Ambiental desde una perspectiva transformadora, atendiendo a aspectos como la información, la reflexión, el pensamiento crítico y la participación. A su vez, se compara esta actividad con las propuestas desarrolladas en el marco de la Educación Ambiental, teniendo como referencia los análisis realizados por Roldán-Arcos et al., (2022) y Varela-Losada et al., (2016).

El primer objetivo de la Educación Ambiental Transformadora es el de formar una ciudadanía informada. En general, se puede afirmar que las prácticas escolares se han centrado mayoritariamente en ofrecer una formación ecológica y disciplinar (Roldán-Arcos et al., 2022), lo que ha generado un aprendizaje parcial y poco profundo de los problemas ambientales. Frente a ello, la secuencia didáctica presentada, pretende que los futuros maestros y maestras adquieran una visión global de la realidad, a través de la puesta en práctica de procedimientos científico-matemáticos basados en el uso de pruebas a partir de gráficas y tablas. Además, a partir de los datos presentados, que son las consecuencias de lo ocurrido, los docentes en formación deben tratar de explicar la situación, lo que les permite incorporar respuestas desde distintas perspectivas (sociales, económicas, de salud, etc.) y no abordar exclusivamente la parte ecológica.

Por otro lado, el contenido sobre el que se trabaja está relacionado con la Biodiversidad, un contenido poco trabajado según la investigación educativa (Jiménez Fontana y García-González, 2017). Tanto es así, que diversos autores ponen de manifiesto el grave desconocimiento que presentan los docentes sobre los seres vivos y las características anatómicas que les permiten adaptarse al medio (Melero-Alcíbar y Gamarra, 2016; Robles Moral et al., 2023). A pesar de ello, es una de las temáticas más abordadas en las actividades sobre Educación Ambiental, pero con una visión simplista (Roldán-Arcos et al., 2022). Sin embargo, en la propuesta presentada se trabaja la biodiversidad desde una perspectiva innovadora, pues mientras que las actividades ofertadas se focalizan en la identificación de especies, la exploración de rastros o la organización de visitas a observatorios (Roldán-Arcos et al., 2022), es decir, en contenidos relacionados con el conocimiento del medio natural, esta propuesta se centra en una problemática ambiental concreta: el desplazamiento y sustitución de especies

en un ecosistema y la reflexión sobre las causas que lo condicionan. Además, lo hace integrando dos disciplinas, la educación científica y la educación matemática, algo poco frecuente en las actividades sobre Educación Ambiental (Roldán-Arcos et al., 2022) y en el ámbito educativo en general (Perales Palacios, 2022).

En segundo lugar, mediante la Educación Ambiental Transformadora se pretende formar ciudadanos y ciudadanas reflexivos, con el fin de que el alumnado construya su propia representación sobre el mundo en función de los distintos puntos de vista (Mogensen y Mayer, 2009), y el primer paso es hacerlo con los futuros maestros y maestras. Sin embargo, las actividades sobre Educación Ambiental suelen brindar pocas oportunidades para reflexionar sobre temas ambientales (Varela-Losada et al., 2016). Favorecer la reflexión en el aula, implica conocer los modelos mentales iniciales del alumnado, para que se construyan progresivamente ideas más sofisticadas (Couso, 2015). Esto es lo que en educación se ha denominado modelización, una estrategia muy relevante para la construcción del conocimiento científico (Oliva, 2019) y muy bien valorada por los docentes en formación (Garrido Espeja et al., 2022). Por ello, siguiendo con el ciclo de modelización propuesto por Couso (2022), en la actividad diseñada se parte de la problematización de una situación, a partir de la cual se solicita la expresión del modelo inicial al profesorado en formación (fase 1 de la secuencia didáctica). A continuación, se evalúa dicho modelo de manera cooperativa (fase 2 de la secuencia didáctica), con el fin de que se revise y se construya un modelo final consensuado (fase 4 de la secuencia didáctica).

Relacionado con lo anterior y siguiendo con el punto de vista de la Educación Ambiental Transformadora, se encuentra el fomento del pensamiento crítico. Vivimos en un mundo altamente globalizado, caracterizado, entre otras cosas, por la incertidumbre, los cambios y el exceso de información difícil de analizar (Batanero, 2019; García-Pérez et al., 2020). Por ello, el desarrollo de competencias críticas para la comprensión, interpretación y selección de hechos para la toma de decisiones informadas resulta fundamental (Vázquez-Alonso y Manassero-Más, 2019). Sin embargo, en el ámbito de la Educación Ambiental son escasas las actividades que promueven actitudes críticas (Roldán-Arcos et al., 2022) e inexistentes las que requieren manejar y analizar críticamente la información (Varela-Losada et al., 2016). Esto hace disminuir el impacto de la Educación Ambiental en la formación de ciudadanos y ciudadanas comprometidos y activos frente a los problemas socioambientales. La propuesta presentada pretende fomentar la argumentación y el uso de pruebas mediante la resolución de un caso concreto. Por ello, se pide a los docentes en formación que creen una respuesta justificada a partir de la información proporcionada en forma de texto, tabla o gráfica.

En este sentido, hoy en día, la ciudadanía tiene acceso a gran cantidad de datos que se ponen a su disposición con la intención de informales y hacerles partícipes en sus decisiones (Batanero, 2019). Mucha de esta información es presentada en forma de gráficos y tablas, por lo que una persona estadísticamente alfabetizada debería ser capaz de comprender, interpretar y utilizar esta información en su vida cotidiana (Arteaga et al., 2011). Sin embargo, desde el punto de vista de la formación docente, algunos estudios (Arteaga et al., 2016; Esquivel-Martín et al., 2019) han demostrado las dificultades que presentan los futuros maestros y maestras en la construcción y comprensión de gráficas. Por ello, se deben introducir estos conocimientos matemáticos contextualizados en contenidos más concretos como puede ser a través de las ciencias naturales. En este caso, se ha optado por diseñar una propuesta interdisciplinar, integrando conocimientos y promoviendo el desarrollo de destrezas científico-matemáticas en situaciones ambientales cotidianas.

El último aspecto relacionado con la Educación Ambiental Transformadora al que haremos mención será la participación. El objetivo final de la Educación Ambiental ha sido, desde su origen, el de formar una ciudadanía activa en una sociedad democrática, de manera que sean capaces de tomar decisiones y actuar a nivel individual y colectivo frente a los problemas socioambientales (Jensen y Schnack, 1997). Para ello, resulta necesario que, en las prácticas educativas, los estudiantes trabajen de manera cooperativa para que comprendan, se organicen y actúen frente a determinados contextos (Varela-Losada et al., 2016). Sin embargo, los maestros y maestras muestran poco interés por esta forma de trabajo en el aula (Sinakou et al., 2022), por lo que terminan desarrollando predominantemente lecciones magistrales muy individualizadas (Roldán-Arcos et al., 2022), y aquellos que tratan de ponerla en práctica, se limitan a la organización del alumnado en grupos (Varela-Losada et al., 2016). Frente a ello, en la propuesta presentada, los maestros y maestras en formación están distribuidos en grupos para que de manera cooperativa traten de dar respuesta a los retos planteados. En sentido, se otorga gran importancia a las interacciones basadas en el diálogo y la participación real de los estudiantes, con el objetivo de que se sientan involucrados en el proceso de construcción de conocimiento. Además, la secuencia incorpora un momento de coevaluación (fase 2), en el que, entre compañeros, deben definir la utilidad y las limitaciones de la herramienta diseñada.

Como reflexión final, hay que reseñar que la investigación educativa tiene que proveer de estas herramientas, ya que en ocasiones existe una brecha entre investigación y praxis educativa (Murillo y Perines, 2017). Multitud de estudios detectan las necesidades docentes, pero apenas existen propuestas para ayudar al cambio educativo necesario. No solo se trata de conseguir una educación que construya mejores aprendizajes o una ciudadanía más preparada, sino que, en el marco de la enseñanza de la Educación Ambiental, se debe llegar a cambios en los hábitos y conductas de los seres humanos, mediante la redefinición de la escala de valores. Esta reformulación del orden de prioridades solo se puede abordar desde una Educación Ambiental Transformadora, que deben llevar a cabo los maestros y maestras a través de una mejor Didáctica de la Educación Ambiental.

Por todo ello en su conjunto, consideramos muy importante que en la formación docente se incorporen estrategias de enseñanza-aprendizaje que promuevan la reflexión y el sentido crítico utilizando diferentes estilos comunicativos (orales, escritos, gráficos y tablas matemáticas, etc.) en el marco de una Educación Ambiental Transformadora. Y de esta forma, se pretende que los docentes vivencien experiencias educativas durante su formación en las que se demanden multitud de destrezas científico-matemáticas, para que puedan, posteriormente, llevarlas a sus aulas durante su ejercicio profesional. De esta forma, se espera que se efectúe una reacción en cadena, de manera que, mediante la renovación de la formación docente, se puedan cambiar las conductas insostenibles de multitud de generaciones de ciudadanos y ciudadanas, y se reconduzca la situación de crisis ambiental y sistémica a través de una visión crítica y de Justicia Ambiental.

## Referencias

Alsina, Á, Vásquez, C, Muñoz-Rodríguez, L, & Rodríguez-Muñiz, LJ (2020). ¿Cómo promover la alfabetización estadística y probabilística en contexto? Estrategias y recursos a partir de la COVID-19 para Educación Primaria. *Epsilon Revista de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática*, (104), 99-128.

Álvarez-García, O, Sureda-Negre, J, & Comas-Forgas, R (2018). Evaluación de las competencias ambientales del profesorado de primaria en formación inicial: estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1) 117-141. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2338>

- Aranda-Cuerva, E, & Pérez-Martín, JM (2021). Análisis de la enseñanza de procedimientos científicos en educación infantil: la flotabilidad para el desarrollo de destrezas científicas en un aula de 5 años. En M González Montero de Espinosa, A Baratas Díaz, & A Herráez Sánchez (Eds.), *Experiencias y estrategias de innovación educativa en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (II)*, 29-37. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4722939>
- Arteaga, P, Batanero, C, Cañadas, G, & Contreras, JM (2011). Las tablas y gráficos estadísticos como objetos culturales. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 76, 55-57
- Arteaga, P, Batanero, C., Contreras, JM, & Cañadas, G (2016). Evaluación de errores en la construcción de gráficos estadísticos elementales por futuros profesores. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 19(1), 15-40. <https://doi.org/10.12802/relime.13.1911>
- Bächtold, M, Pallarès, G, De Checchi, K, & Munier, V (2022). Combining debates and reflective activities to develop students' argumentation on socioscientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-46. <https://doi.org/10.1002/tea.21816>
- Barba, M. (2019). Límites e indefiniciones de la educación ambiental, un debate permanente. *Revista de Educación Social*, 28, 9-31.
- Batanero, C (2019). Statistical sense in the information society. En KO Villalba-Condori, A Adúriz-Bravo, FJ García-Peñalvo, & J Lavonen, (Eds.), *Proceeding of the Congreso Internacional Sobre Educación y Tecnología en Ciencias* (pp. 28-38). Aachen, Germany: CEUR-WS.org.
- Bautista-Cerro, MJ, Murga-Menoyo, MA, & Novo, M (2019). La Educación Ambiental (página en construcción, disculpen las molestias). *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 1(1), 1103. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2019.v1.i1.1103](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1103)
- Blanchet-Cohen, N, & Reilly, RC (2013). Teachers' perspectives on environmental education in multicultural contexts: Towards culturally responsive environmental education. *Teaching and Teacher Education*, 36, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.07.001>
- Cantó, J (2016). Percepción de la Sostenibilidad en los maestros en formación de Educación Infantil. *Indagatio Didáctica*, 8(1). <http://hdl.handle.net/10550/58983>.
- Carneros, S, Murillo, FJ, & Moreno-Medina, I (2018). Una aproximación conceptual a la educación para la justicia social y ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 7(1), 17-36. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.001>
- Carson, R (1962). *Primavera silenciosa*. Editorial Crítica.
- Cerri, J, Testa, F, & Rizzi, F (2018) The more I care, the less I will listen to you: How information, environmental concern and ethical production influence consumers' attitudes and the purchasing of sustainable products. *Journal of Cleaner Production*, 175, 343-353. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.054>
- Couso, D (2015). La clau de tot plegat: la importància de «què» ensenyar a l'aula de ciències. *Ciències: Revista Del Professorat de Ciències de Primària i Secundària*, 0(29), 29-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.56>
- Couso, D (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En D Couso, MR Jiménez-Liso, C Refojo, & JA Sacristán (Coords.), *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundación Lilly. Madrid: Penguin Random House.
- Esquivel-Martín, T, Bravo-Torija, B, & Pérez-Martín, JM (2019). La biodiversidad como herramienta para la enseñanza integrada de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. *Educación y futuro: revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, 40, 135-157.
- García Díaz, JE (2004). Educación ambiental, constructivismo y complejidad: una propuesta integradora. *Diada*.
- García-Pérez, FF, Burgos-Sánchez, M, & Guerrero-Fernández, A (2020). La construcción de la ciudadanía en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 39, 47-64. <https://doi.org/10.7203/dces.39.17121>.
- Garrido Espeja, A, Soto Alvarado, M, & Couso Lagarón, D (2022). Formación inicial de docentes de ciencia: posibles aportes y tensiones de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(1), 87-105. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3286>
- Gil Pérez, D, & Vilches, A (2017). Educación para la sostenibilidad y educación en derechos humanos: dos campos que deben vincularse. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, 29(1), 79-100. <https://doi.org/10.14201/teoredu29179100>
- Guerrero Fernández, A, Rodríguez Marín, F, Solís Ramírez, E, & Rivero García, A (2022). Alfabetización ambiental del profesorado de Educación Infantil y Primaria en formación inicial: Conocimientos, actitudes y comportamientos mediante el Cuestionario de Dimensiones Ambientales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1). <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92434>
- Guevara-Herrero, I, & Pérez-Martín, JM (2023). Presentación. En I. Guevara-Herrero y J. M. Pérez-Martín (Eds.), *Biodiversidad Urbana: de los problemas ambientales a la práctica educativa* (pp. 11-18). Dykinson eBook.
- Guevara-Herrero, I, Pérez-Martín, JM, & Bravo-Torija, B (2023) Impacto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la investigación educativa sobre Educación Ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 250101-250118. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v2.0.i2.2501](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v2.0.i2.2501)
- Gutiérrez-Bastida, JM (2019). 50 años de educación ambiental: un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno. *Carpeta Informativa del CENEAM*, 3-15.
- Herrero, Y (2022). Educar para la sostenibilidad de la vida. Una mirada ecofeminista a la educación. *Octaedro*
- Huckle, J (1993). Environmental education and sustainability: A view from critical theory. En J. Fien (ed.). *Environmental Education: A Pathway to Sustainability* (pp. 43-68). Geelong: Deakin-University Press.
- Jensen, BB, & Schnack, K (1997) The Action Competence Approach in Environmental Education. *Environmental Education Research*, 3(2), 163-178. <https://doi.org/10.1080/1350462970030205>
- Jiménez-Aleixandre, M (2020). ¿Cómo sabemos lo que sabemos? Mediante la argumentación y el uso de pruebas, herramientas para aprender y desarrollar el pensamiento crítico. En D Couso, MR

- Jiménez-Liso, C Refojo, & JA Sacristán (Coords.), Enseñando ciencia con ciencia. (pp. 75-86). FECYT & Fundación Lilly. Madrid: Penguin Random House.
- Jiménez-Aleixandre, MP, Bugallo Rodríguez, A, & Duschl, RA (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Jiménez-Fontana R, & García-González E (2017). Visibilidad de la Educación Ambiental y la Educación para la Sostenibilidad en las publicaciones españolas sobre Educación Científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 271-285. <https://doi.org/10498/18861>
- Jonassen, DH, & Kim, B (2010). Arguing to learn and learning to argue design justifications and guidelines. *Educational Technology Research and Development*, 58(4), 439-457.
- Leung, JSC (2022). Shifting the teaching beliefs of preservice science teachers about socioscientific issues in a teacher education course. *International journal of science and mathematics education*, 20(4), 659-682. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10177-y>.
- Liobikienė, G, & Poškus (2019). The importance of Environmental Knowledge for Private and Public Sphere Pro-Environmental Behavior: Modifying the Value-Belief-Norm Theory. *Sustainability*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/su11123324>
- López, I, Arriaga, A, & Pardo, M (2018). La dimensión social del concepto de Desarrollo Sostenible: ¿La eterna olvidada? *Revista Española de Sociología*, 27(1), 25-41. <https://doi.org/10.22325/fes/res.2018.2>
- Lorenzo-Rial, MA, Pérez-Rodríguez, U, Varela-Losada, M, & Vega-Marcote, P (2020). ¿Influyen las características personales del profesorado en formación en sus actitudes hacia una educación ambiental transformadora? *Pensamiento educativo*, 57(2), 1-22. <https://doi.org/10.7764/PEL.57.2.2020.2>
- Márquez Delgado, DL, Hernández Santoyo, A, Márquez Delgado, LH, & Casas Vilardell, M (2021). La educación ambiental: evolución conceptual y metodológica hacia los objetivos del desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 301-310.
- Medir, RM, Heras-Colás, R, & Magin-Valenti, C (2016). Una propuesta evaluativa para actividades de educación ambiental para la sostenibilidad. *Educación XXI*, 19(1), 331-355. <https://doi.org/10.5944/educXXI.14226>
- Melero-Alcibar, R, & Gamarra, P (2016). Concepciones previas de futuros docentes sobre categorización animal: animales acuáticos. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 15(2), 240-257.
- Mogensen, F, & Mayer, M (2009). Perspectivas sobre la educación ambiental. Un marco de trabajo crítico. En F Mogensen, M Mayer, S Breiting, & A Narga (Coords.), *Educación para el desarrollo sostenible. Tendencias, divergencias y criterios de calidad* (pp. 21-42). Graó.
- Mogren, A, Gericke N, & Scherp, HA (2019) Whole school approaches to education for sustainable development: a model that links to school improvement. *Environmental Education Research*, 25(4), 508-531. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1455074>
- Mora-Penagos, WM, & Guerrero-Guevara, N (2022). Las competencias ambientales clave en las actividades docentes del profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 51, 299-316. <https://doi.org/10.17227/ted.num51-12536>
- Murga-Menoyo, M. Á. (2018). La Formación de la Ciudadanía en el Marco de la Agenda 2030 y la Justicia Ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 7(1), 37-52. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.002>
- Murga-Menoyo, MA, & Novo, M (2017). Sostenibilidad, desarrollo «glocal» y ciudadanía planetaria. Referentes de una Pedagogía para el desarrollo sostenible. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, 29(1), 55-78. <https://doi.org/10.14201/teoredu2915579>
- Murillo, FJ, & Perines, H (2017). Cómo los docentes no universitarios perciben la investigación educativa. *Revista Complutense de Educación*, 28(1), 81-99. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2017.v28.n1.48800](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n1.48800)
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.
- Niss, M (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish Kom project. En A. Gagatsis y S. Papastavrides (Eds.), *3<sup>rd</sup> Mediterranean Conference on Mathematical Education* (pp. 115-124). Athens: Hellenic mathematical Society.
- Oliva, JM (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias didácticas*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Olsson, D, & Gericke, N (2016). The adolescent dip in students' sustainability consciousness -Implications for education for sustainable development. *The Journal of Environmental Education*, 47(1), 35-51. <https://doi.org/10.1080/00958964.2015.1075464>
- ONU (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022*. ONU
- Otto, S, & Pensini, P (2017). Nature-based environmental education of children: Environmental knowledge and connectedness to nature, together, are related to ecological behaviour. *Global Environmental Change*, 47, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.009>
- Perales Palacios, FJ (2022). Educación ambiental, didácticas específicas y transversalidad. *Boletín de la AIA-CTS*, 16, 39-47.
- Pérez-Martín, JM (2022). Nuevas perspectivas: La educación ambiental para maestros, a propósito de la movilidad sostenible. En R. Sánchez-Aguilar, M. A. Jara Santamedia y J.I. Sánchez Gutiérrez (Eds.), *Ideas fuerza para la movilidad sostenible del s. XXI* (pp. 11-22). AGD Ediciones.
- Pérez-Martín, JM (2023) La Biodiversidad Urbana para promover una didáctica de la Educación Ecosocial. En I. Guevara-Herrero y J. M. Pérez-Martín (Eds.), *Biodiversidad Urbana: de los problemas ambientales a la práctica educativa* (pp. 19-32). Dykinson eBook.
- Pérez-Martín, JM, & Bravo-Torija, B (2018). Experiencias para una alfabetización científica que promueva la justicia ambiental en distintos niveles educativos. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 7(1), 119-140. <https://doi.org/10.15366/riejs2018.7.1.006>

- Pérez-Martín, JM, & Esquivel-Martín, T (2022). El reto de dimensionar la competencia ambiental para maestros/as a través de sus percepciones durante la formación inicial. En L Cañadas, & S Rappoport (Eds.). *Las competencias generales en la formación inicial docente. Experiencias y orientaciones para su desarrollo*. Dykinson.
- Pérez-Martín, JM, Esquivel-Martín, T, & Guevara-Herrero, I (2022). En busca de la dimensión abandonada: la Didáctica de la Educación Ambiental. En JM Pérez-Martín, T Esquivel-Martín, & I Guevara-Herrero (Eds.), *Educación Ambiental de maestros para maestros*. (pp. 9-15). Dykinson.
- Pérez-Martín, JM, González-Patiño, J, Esquivel-Martín, T, Ambrona, T, Bravo-Torija, B, & Atrio-Cerezo, S (2019). Marine Litter Hub: comunidad de aprendizaje expandida sobre la protección del medio marino desde un enfoque transdisciplinar para Educación Secundaria. En M González Montero de Espinosa, A Baratas Díaz, & A Brandi Fernández. (Eds.), *Experiencias didácticas en el ámbito STEM. Investigación y Didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (pp. 183-190). Santillana.
- Pérez-Rodríguez, U, Varela-Losada, M, Lorenzo-Rial, MA, & Vega-Marcote, P (2017). Tendencias actitudinales del profesorado en formación hacia una educación ambiental transformadora. *Revista de Psicodidáctica*, 22(1), 60-68. [https://doi.org/10.1016/S1136-1034\(17\)30045-X](https://doi.org/10.1016/S1136-1034(17)30045-X)
- Pro, A (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 69-76.
- Rapanta, C, Vrikki, M, & Evagorou, M (2021). Preparing culturally literate citizens through dialogue and argumentation: rethinking citizenship education. *The Curriculum Journal*, 32(3), 475-494. <https://doi.org/10.1002/curj.95>
- Ripple, WJ, Wolf, C, & Newsome, TM (2017). World scientists' warning to humanity: A second notice. *BioScience*, 67(12), 1026-1028. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
- Robles-Moral, FJ, Fernández Díaz, M, & Ayuso Fernández, GE (2023). Identificación de especies de vertebrados en la formación inicial del profesorado. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 150101-150120. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i1.1502](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1502)
- Roldán-Arcos, S, Pérez-Martín, JM, & Esquivel-Martín, T (2022). Educación para la Justicia Ambiental: ¿qué propuestas se están realizando? *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(2), 11-27. <https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.2.001>
- Romero Ariza, M, Boeve-de Pauw, J, Olsson, D, Van Petegem, P, Parra, G, & Gericke, N (2021). Promoting environmental citizenship in education: The potential of the sustainability consciousness questionnaire to measure impact of interventions. *Sustainability*, 13(20), 11420. <https://doi.org/10.3390/su132011420>
- Sauvé, L (1999). La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: En busca de un marco de referencia educativo integrador. *Tópicos*, 1(2), 7-27.
- Sauvé, L (2005). Uma cartografia das corrientes em educação ambiental. En M Sato, & I Carvalho (Eds.). *Educação ambiental* (pp. 17-46). Porto Alegre: Artmed.
- Sauvé, L (9-13 de junio de 2003). Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental [ponencia]. I Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional, Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, México.
- Sinakou, E, Donche, V, & Van Petegem, P (2022). Action-orientation in education for sustainable development: Teachers' interests and instructional practices. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133469. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133469>
- Stapp, WB, Bennett, D, Bryan, W, Fulton, J, Havlick, S, MacGregor, J, Nowak, P, Swan, J, & Wall, R (1969). The Concept of Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 1(1), 30-31.
- Valladares, L (2021). Scientific literacy and social transformation. Critical perspectives about science participation and emancipation. *Science & Education*, 30, 557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- Varela-Losada, M, Vega-Marcote, P, Pérez-Rodríguez, U, & Álvarez-Lires, M (2016). Going to action? A literature review on educational proposals in formal Environmental Education. *Environmental Education Research*, 22(3), 390-421. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1101751>
- Vázquez-Alonso, Á, & Manassero-Mas, MA (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Warburton, K (2003). Deep learning and education for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 4(1), 44-56. <https://doi.org/10.1108/14676370310455332>
- Zhou, G (2015). Environmental Pedagogical Content Knowledge: a conceptual framework for teacher knowledge and development. En S Stratton, R Hagevik, A Feldman, & M Bloom (Eds.) *Educating Science Teachers for Sustainability*. ASTE Series in Science Education. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16411-3\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16411-3_11)