

Educar en Ecología

Lidia Caño^{1,*} , Marcia Eugenio-Gozalbo² 

- (1) Dpto. Didáctica de la Matemática, Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Educación, Filosofía y Antropología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 20018 Donostia-San Sebastián, España.
(2) Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática, Facultad de Educación de Soria, Universidad de Valladolid, 42002 Soria, España.

* Autora para correspondencia / Corresponding author: L. Caño [lidia.cano@ehu.eus]

> Recibido / Received: 31/07/2025 – Aceptado / Accepted: 05/06/2026

Cómo citar / How to cite: Caño, L., & Eugenio-Gozalbo, M. (2026). Educar en Ecología. *Ecosistemas*, 35(2). <https://doi.org/10.7818/ECOS.3093>

Educar en Ecología

Resumen: En este artículo defendemos la relevancia que tiene educar en Ecología en la actualidad, en un contexto global de crisis ecosocial, y en el marco de sociedades predominantemente urbanas, alejadas de la experiencia directa de la naturaleza y también de sus beneficios. Argumentamos por qué la Ecología debe considerarse una disciplina nuclear a lo largo de la escolarización obligatoria, basándonos en su capacidad para vehicular una educación científica genuina que sustente la educación para la sostenibilidad y el desarrollo el pensamiento sistémico, imprescindible para comprender y actuar en ese contexto global. También identificamos algunas barreras a su enseñanza-aprendizaje, incluyendo barreras generales, barreras del sistema educativo, y dificultades relacionadas con el proceso de aprendizaje de la disciplina. Basándonos en la investigación didáctica, planteamos una serie de estrategias o buenas prácticas que pueden ayudar a la/el docente. Recomendamos una Educación en Ecología contextualizada, al aire libre y en contacto con la naturaleza, que comience en edades tempranas, que imite el quehacer científico de los ecólogos y las ecólogas y los modelos de ideas que utilizan, pero llevados al contexto escolar. Esta forma de enseñar y aprender, “haciendo y hablando Ecología” en entornos naturales o naturalizados, puede contribuir de forma efectiva a frenar ideas negacionistas y a desarrollar competencias para la sostenibilidad orientadas a la acción y la transformación de la sociedad en el alumnado de hoy, ciudadanos y ciudadanas de mañana.

Palabras clave: alfabetización ecológica, competencia científica, educación en la naturaleza, educación obligatoria, prácticas científicas.

Ecology education

Abstract: In this paper we advocate for the relevance of Ecology Education at present, considering the global context of ecosocial crisis, and the framework of predominantly urban societies distanced from the direct experience of nature and from its benefits. We argue why Ecology should be considered a core discipline throughout compulsory education, based on its potential to drive a genuine scientific education that supports education for sustainability and fosters systemic thinking, essential to understand and act in this global context. We also identify some barriers to the teaching-learning of Ecology, including general barriers, barriers of the educational system, and difficulties related to the process of learning the discipline. Based on didactic research, we propose a series of strategies or good practices that can help the teacher. We recommend a contextualized education in Ecology, outdoors and in contact with nature, starting at an early age, imitating the scientific work of ecologists and the models of ideas they use, but brought to the school context. This way of teaching and learning, “doing and talking ecology” in natural or naturalized environments, can effectively contribute to curb negationist ideas and to develop competencies for sustainability oriented to action and transformation of society.

Keywords: ecological literacy, scientific competence, outdoor education, compulsory education, scientific practices

Introducción

La última actualización del marco de los límites planetarios indica que ya hemos sobrepasado seis de los nueve límites (Richardson et al., 2023): cambio climático, pérdida de biodiversidad, ciclos biogeoquímicos de fósforo y nitrógeno, cambios en los usos del suelo, usos del agua dulce, y contaminación por plásticos. La humanidad afronta estos graves retos ambientales junto con otros, como guerras, hambre y pobreza, falta de acceso a agua y saneamiento, y las desigualdades de muchos tipos que separan el Norte y el Sur Global. Se habla de crisis ecosocial, porque ambos tipos de problemáticas se han vuelto indisociables: migrantes climáticos, reducción de producciones agrícolas que debilita a la población, intensificación de los conflictos por recursos ambientales, etc. Incluso desde nuestra perspectiva privilegiada, la del Norte Global, se perciben amenazas cada vez más nítidamente: fenómenos como las recientes DANA, olas de calor intensas y prolongadas, o incendios de sexta generación, están presentes tanto en las conversaciones como en las portadas de los medios de comunicación. A pesar del auge del escepticismo y el negacionismo frente a problemas ambientales que han sido científicamente demostrados, y frente a la ciencia en general (Selk y Kemmerzell, 2022; Catto, 2024), lo cierto es que buena parte de la ciudadanía muestra preocupación.

Es este contexto, resulta necesario que la educación obligatoria asuma entre sus ya numerosas atribuciones la de formar una “ciudadanía ecológica” (Dobson, 2006), consciente y comprometida con sus deberes y responsabilidades respecto a la protección del medio ambiente y su derecho a vivir en un planeta habitable. Para ello, es imprescindible la alfabetización científica, ecológica y ambiental. *Alfabetización* es un término comúnmente utilizado en educación, semejante a *competencia*, en el sentido de que ambos constituyen un saber o capacidad multidimensional, que supone la aplicación contextualizada de conocimientos conceptuales mediante los procedimientos característicos de cierto ámbito y desde una disposición activa y positiva. La *Ecological Society of America* (ESA, en adelante) plantea la “alfabetización ecológica” como sumatorio del conocimiento de las ideas científicas centrales de la Ecología, sus habilidades cognitivas propias (razonar sobre la ciencia y los problemas ecológicos, investigar e interpretar información científica en Ecología), y la comprensión de la dependencia del ser humano y/o su integración en los sistemas ecológicos. Por su parte, la “alfabetización ambiental” implica también conocimientos de sociopolítica, y el desarrollo de actitudes que lleven a la acción y compromiso (Jordan et al., 2009; McBride et al., 2013).

En este artículo hablaremos de *educación en Ecología*, una “alfabetización ecológica” que integra el desarrollo de actitudes y se orienta a la acción, desde una perspectiva ecosocial. Consideraremos también la importancia del desarrollo de vínculos emocionales positivos con la naturaleza, ya que investigaciones recientes señalan su papel en la acción proambiental y conservacionista (Lumber et al., 2017; Fuertes-Prieto et al., 2024). Consideramos que la educación en Ecología debe tener un papel nuclear en la Educación Básica (primaria y secundaria obligatoria). Por tanto, este trabajo de revisión tiene como objetivos: (1) dar argumentos, fundamentados en la literatura especializada, que muestren la relevancia de la educación en Ecología, (2) identificar las principales barreras a la enseñanza-aprendizaje de la Ecología; (3) sintetizar estrategias educativas para superar las barreras descritas y promover una alfabetización ecológica.

¿Por qué la Ecología debe ser nuclear en la Educación?

Porque es imprescindible para el desarrollo de competencias en sostenibilidad

Las Naciones Unidas adoptaron en 2015 un marco global para guiar el desarrollo sostenible en el planeta, conocido como Agenda 2030, que plantea 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS, en adelante), a partir de los cuales se concretan metas específicas (ONU, 2015). Se considera que la Educación juega un papel clave para la consecución de estos ODS, además de estar en el núcleo de uno de ellos (ODS4, *Educación de calidad*). Así, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, en adelante), diseñó la Agenda de Educación 2030 y definió los objetivos de aprendizaje que deben alcanzarse para cada uno de los ODS en los dominios cognitivo (conocimiento y herramientas de pensamiento), sociemocional (habilidades, valores y actitudes) y cultural (competencias de acción) (UNESCO, 2017). Centrándonos en el dominio cognitivo, hemos identificado que alrededor de la cuarta parte de los objetivos de aprendizaje implican conocimientos y habilidades en Ecología (Tabla 1). Por lo tanto, la alfabetización ecológica es imprescindible para la comprensión de 10 de los 17 ODS.

Tabla 1. La alfabetización ecológica es necesaria para el desarrollo de 20 de los 85 objetivos de aprendizaje cognitivos definidos por la UNESCO (2017) para los ODS. En cursiva, conceptos de Ecología que forman parte de la definición de dichos objetivos.

Table 1. Ecological literacy is necessary for the development of 20 out of the 85 cognitive learning goals defined by UNESCO (2017) for the SDGs. In italics, Ecology concepts that are part of the definition of such goals.

ODS1 - Poner fin a la pobreza: 1.3. El/la alumno/a sabe sobre las causas y efectos de la pobreza, tales como los desastres causados por *fenómenos naturales* y otros efectos *causados por el cambio climático, la degradación ambiental* ...

ODS2 - Hambre cero: 2.4. El/la alumno/a sabe sobre los *principios de la agricultura sostenible*

ODS6 - Agua limpia y saneamiento: 6.1. El/la alumno/a comprende el agua como una condición fundamental de la vida, la importancia de la calidad y la cantidad de agua, y las *causas, efectos y consecuencias de la contaminación y la escasez de agua*. 6.2. El/la alumno/a comprende que el agua forma parte de muchas *interrelaciones y sistemas mundiales complejos distintos*.

ODS7 - Energía Asequible y no contaminante: 7.1. El/la alumno/a sabe sobre las distintas fuentes de energía (renovables y no renovables), sus respectivas ventajas y desventajas, incluidos los *impactos ambientales*.../7.5. El/la alumno/a conoce sobre los *impactos negativos de la producción de energía no sostenible*...

ODS11- Ciudades y comunidades sostenibles: 11.2. El/la alumno/a es capaz de *evaluar y comparar la sostenibilidad* de su propio sistema de asentamiento y de otros sistemas respecto a la satisfacción de las necesidades humanas

ODS12- Producción y consumo responsables: 12.1. El/la alumno/a comprende cómo las decisiones de *estilo de vida individual influyen* el desarrollo social, económico y *ambiental*.

ODS13- Acción por el clima: 13.1 El/la alumno/a concibe el *efecto invernadero* como un fenómeno natural causado por una capa aislante de gases de invernadero. 13.2. El/la alumno/a concibe el actual *cambio climático* como un fenómeno antropogénico causado por el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero. 13.4. El/la alumno/a conoce las principales *consecuencias ecológicas, sociales, culturales y económicas del cambio climático* a nivel local, nacional y mundial, y comprende cómo estas pueden convertirse en *factores catalizadores y reforzadores del cambio climático*.

ODS14. Vida submarina: 14.1. El/la alumno/a comprende la *ecología marina básica, los ecosistemas, las relaciones depredador-presa*, etc. 14.3. El/la alumno/a conoce la *premisa básica del cambio climático y el rol de los océanos en la moderación de nuestro clima*. 14.4. El/la alumno/a comprende las *amenazas a los sistemas oceánicos, tales como la contaminación y la sobrepesca*, y *reconoce y puede explicar la fragilidad relativa de muchos ecosistemas del océano, incluyendo arrecifes corales y las zonas hipóxicas muertas*.

ODS15. Vida de ecosistemas terrestres: Todos los 5 *objetivos* de aprendizaje.

ODS17- Alianzas para lograr objetivos: 17.5. El/la alumno/a conoce los *conceptos para medir el progreso del desarrollo sostenible*.

Recientemente se han definido las GreenComp (Bianchi et al., 2022), competencias en sostenibilidad que deben promoverse desde el sistema educativo en la Unión Europea. El objetivo es que los/as estudiantes desarrollen los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para jugar un papel activo en las transiciones hacia sociedades sostenibles, partiendo de la idea de que los seres humanos forman parte de la naturaleza y dependen de ella. En particular, se han diferenciado cuatro competencias: (1) encarnar valores de sostenibilidad, (2) asumir la complejidad de la sostenibilidad, (3) prever futuros sostenibles y (4) actuar en favor de la sostenibilidad, cada una de las cuales está formada por tres componentes. La **Tabla 2** muestra cómo seis de los 12 componentes de estas competencias se abordan o pueden abordar mediante la educación en Ecología.

Tabla 2. La alfabetización ecológica está en la base del desarrollo de seis de los 12 componentes de las GreenComp (Bianchi et al., 2022). En cursiva, conceptos de Ecología que forman parte de su definición.

Table 2. Ecological literacy is at the core of GreenComp development (Bianchi et al., 2022). In italics, Ecology concepts that are part of their definition.

- 1.3 Promoting nature** to acknowledge that *humans are part of nature*; and to respect the *needs and rights of other species and of nature itself in order to restore and regenerate healthy and resilient ecosystems*
- 2.1 Systems thinking** to approach a sustainability problem from all sides; to consider time, space and context in order to understand *how elements interact within and between systems*
- 2.2 Critical thinking** to *assess information and arguments, identify assumptions, challenge the status quo*, and reflect on how personal, social and cultural backgrounds influence thinking and conclusions.
- 2.3 Problem framing** to *formulate current or potential challenges as a sustainability problem* in terms of difficulty, people involved, time and geographical scope, in order to *identify suitable approaches to anticipating and preventing problems, and to mitigating and adapting* to already existing problems.
- 3.1 Futures literacy** to *envision alternative sustainable futures by imagining and developing alternative scenarios and identifying the steps needed to achieve a preferred sustainable future*.
- 3.2 Adaptability** To *manage transitions and challenges in complex sustainability situations and make decisions related to the future in the face of uncertainty, ambiguity and risk*.

Porque permite desarrollar el pensamiento sistémico y la comprensión de la interdependencia ecosocial

El pensamiento sistémico es un conjunto de habilidades analíticas sinérgicas que se utilizan para comprender sistemas y predecir sus comportamientos; incluye identificar las conexiones entre las partes de un sistema, comprender su estructura y comportamiento dinámico, e identificar retroalimentaciones y relaciones no lineales, entre otros. Se considera fundamental para comprender y poder actuar en sistemas dinámicos complejos que están en la base de problemas ecosociales como la pobreza, la degradación del medio ambiente y el cambio climático. Sin embargo, el pensamiento sistémico no se desarrolla *per se* en todas las personas y su desarrollo requiere de práctica e instrucción específica (Sweeney y Sterman, 2007; Ben-Zvi Assaraf y Orion, 2010).

El pensamiento sistémico es la quintaesencia de la Ecología (Capra, 1995; Goodwin, 2016). Las tareas de análisis de fenómenos ecológicos basados en redes tróficas, dinámica de poblaciones o ciclos biogeoquímicos requieren aplicarlo: efectos basados en interconexiones (p. ej. al desaparecer una población), en bucles de retroalimentación (p. ej. procesos generados por el cambio climático que a su vez contribuyen a acelerarlo), o propiedades emergentes del sistema (p. ej. estabilidad o resiliencia). El pensamiento sistémico permite también abordar las interacciones entre sistemas, de forma que la educación en Ecología es estratégica para el desarrollo de la comprensión de la interdependencia ecosocial (Goodwin, 2016). La noción de *One Health*, que señala la dependencia de la salud de los seres humanos con respecto a la del planeta, constituye un buen ejemplo; la pandemia de COVID-19 evidenció cómo la Ecología proporciona respuestas sobre el origen y prevención de enfermedades zoonóticas (Allen et al., 2017).

Los marcos educativos actuales ya están integrando la necesidad de una comprensión profunda de la interacción entre sistemas sociales y naturales. La ESA añade la dimensión “interacciones humano-medio ambiente” a otras tres dimensiones del currículo de ciencias estadounidense (Rodgers et al., 2024). Los currículos españoles actuales de educación obligatoria (RD, 157/2022 y RD, 217/2022) incluyen la “conciencia ecosocial” dentro de los saberes básicos y “las relaciones sistémicas entre las acciones humanas y el entorno” en la “competencia ciudadana”. En la misma línea, PISA evaluará por primera vez en 2025 tres “competencias ambientales” en relación con la denominada “Agencia en el Antropoceno”; es decir, cómo el alumnado de secundaria utiliza su conocimiento científico para tomar decisiones y actuar en relación con el medio ambiente (OECD, 2023).

Porque facilita operativizar los marcos de la educación científica

Educación en Ecología también facilita operativizar las orientaciones que proporcionan los actuales marcos teóricos para la educación científica escolar, incluyendo el europeo de PISA (OECD, 2023), los derivados de la investigación en Didáctica de la Ciencias, y las propuestas curriculares españolas (RD, 157/2022 y RD, 217/2022) y estadounidense (NRC, 2012). Todos coinciden en que el objetivo último va más allá de la mera adquisición de conocimientos teóricos, y requiere el desarrollo de la competencia científica.

PISA distingue tres componentes de la competencia científica: (1) explicar fenómenos científicamente; (2) construir y evaluar diseños para la indagación científica e interpretar datos y pruebas científicas de manera crítica; y (3) buscar, evaluar y utilizar información científica para tomar decisiones y actuar (OCDE, 2023). Esta propuesta se alinea con la investigación didáctica, que ha mostrado que el mejor modo de enseñar y aprender ciencia es haciéndola (Kelly, 2008; Osborne, 2014), implementando en el aula las prácticas científicas o epistémicas: (1) de modelización, construyendo y evaluando modelos para explicar y predecir fenómenos (Manz, 2012; Garrido y Couso, 2025); (2) de indagación, diseñando y desarrollando investigaciones para obtener e interpretar datos (Bevins y Price, 2016); y (3) de argumentación, evaluando conocimiento en base a pruebas, o partiendo de pruebas para llegar a conclusiones bien fundamentadas (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007). Estas prácticas epistémicas también aparecen en el currículo de ciencias estadounidense (NRC, 2012), y la ESA las ha adaptado para el caso concreto de la Ecología, haciendo explícitas aquellas que son características de la disciplina, como la historia natural o el trabajo de campo (Rodgers et al., 2024). Puesto que las prácticas no-epistémicas de naturaleza social, ética, organizativa, comunicativa y económica, son igualmente determinantes en la construcción del conocimiento científico resulta igualmente esencial atenderlas en las aulas para proyectar una imagen auténtica de la ciencia (García-Carmona, 2021).

Así, una educación genuina en Ecología, “haciendo y hablando Ecología”, vehiculiza el desarrollo de la competencia científica, pero también de las competencias ambientales propuestas por primera vez en el último marco de PISA (OECD, 2023). Por ejemplo, abordar la pérdida de biodiversidad o el cambio climático desarrolla el primer componente de la competencia científica, ya que requiere modelizar y explicar cómo funcionan los ecosistemas, y cómo interactúan entre sí y con los sistemas y acciones humanas. Investigar mediante trabajo de campo, muestreo, observación directa de organismos o análisis de datos en entornos naturales trabaja el segundo componente de la competencia científica, si promovemos que el alumnado se implique en la indagación mediante la identificación de preguntas que guían las investigaciones científicas. Por último, educar en Ecología proporciona conocimientos sólidos para implicar al alumnado en la práctica de la argumentación sobre los problemas ecológicos actuales, permitiéndole interpretar y evaluar la información y datos científicos para tomar decisiones y actuar ante la crisis ecosocial. Es decir, facilita el desarrollo del tercer componente de la competencia científica del marco PISA.

Porque promueve la conexión con la naturaleza y sus beneficios

Sabemos que “la experiencia directa de la naturaleza desempeña un papel significativo, vital y quizá insustituible en el desarrollo afectivo, cognitivo y evaluativo” del ser humano (Kahn y Kellert, 2002, p.139). También que el contacto con la naturaleza, particularmente si es frecuente y de calidad, es beneficioso para la atención dirigida y el bienestar emocional, restaurando recursos cognitivos, emocionales, sociales y comportamentales (Kaplan, 1995; Moll et al., 2022). Pero, además, es necesario para desarrollar “conexión con la naturaleza”, un vínculo afectivo positivo (Lumber et al., 2017) que condiciona las conductas proambientales y conservacionistas (Evans et al., 2018). Así pues, es un objetivo de primer orden de importancia para la Educación que los/as estudiantes pasen tanto tiempo como sea posible aprendiendo en la naturaleza, algo sobre lo que ya incidió hace unos años la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2016). Y la Ecología aparece de nuevo como un vehículo, pues es una de las disciplinas científicas con más facilidades para empujar a docentes y estudiantes fuera de las aulas, y llevarlos/as a enseñar y aprender al aire libre.

Barreras a la enseñanza-aprendizaje de la Ecología

Barreras generales

La población urbana del mundo ha aumentado de manera exponencial. En 2007, por primera vez, más de la mitad de la población mundial pasó a vivir en ciudades. En la actualidad se estima que entre un 55 y un 58 % de la población mundial es urbana, y las previsiones son que esta tendencia creciente continúe (ONU, 2025). El estilo de vida urbano conlleva una distancia física respecto de la naturaleza, y la falta de oportunidades de tener experiencias en ella y sobre ella de forma habitual, que se ha denominado “la extinción de la experiencia” (Soga y Gaston, 2016). En este contexto, de sociedades eminentemente urbanas, de *vida moderna* alejada de los rigores de *lo natural*, la incorporación a nuestras vidas de los *dispositivos tecnológicos* ha transformado la forma en que nos comunicamos, accedemos a la información, trabajamos, aprendemos y nos entretenemos. En educación, la incorporación de dispositivos fue, al inicio, una innovación educativa. Pero actualmente sabemos que la sobreexposición a ellos impacta negativamente aspectos como la capacidad de atención (Jourdain et al., 2023), la concentración y memoria de trabajo (Zhang et al., 2021) y el desarrollo del lenguaje (Mustonen et al., 2022). Otra consecuencia es el acostumbramiento a una *percepción mediada de la realidad*: a la falta de contacto directo con los fenómenos y de oportunidad de darles una interpretación propia, y el subsiguiente desarrollo de la creencia de que no es necesario “acercarse a algo para conocerlo”.

Barreras en el sistema educativo

Algunos de los obstáculos para la educación en Ecología son comunes a la educación científica, como el hecho de que la cultura de “hacer ciencia” aún no está plenamente integrada en el sistema educativo o el perfil del docente. Hay que tener en cuenta que los/as docentes de ciencias a menudo recurren a los libros de texto como recurso principal (Martins y Brigas, 2005). Pero, además, existen otras barreras más particulares para el caso de la Ecología:

La formación de los/as docentes en Ecología es insuficiente: el profesorado en activo y en formación presenta deficiencias importantes en las diferentes dimensiones de la alfabetización ecológica (Cutter-Mackenzie y Smith, 2003; Álvarez-García et al., 2017), y una visión antropocéntrica que puede limitar su capacidad para abordar adecuadamente los problemas ecológicos (Quinn et al., 2016).

No se hace Ecología: tradicionalmente, los ejercicios sobre Ecología han promovido la memorización de datos o conceptos, siendo poco frecuentes las actividades que fomentan la práctica de procedimientos científicos (Gavidia y Cristerna, 2000; Pérez-Martín et al., 2019). En estos años de auge del enfoque STEM (resolución integrada de problemas desde la ciencia, las matemáticas y la ingeniería), la Ecología ha quedado al margen, puesto que los proyectos se han orientado más bien a innovación tecnológica y a otras áreas científicas. Muy recientemente, la incorporación de programas de ciencia ciudadana para el conocimiento y la conservación de la biodiversidad o la mejora de la salud del suelo, por ejemplo, está ayudando a los docentes a “hacer Ecología” en la escuela (Eugenio-Gozalbo et al., 2022a, b).

No se promueve suficientemente la relación con el entorno y su observación: aunque aumentan las propuestas de educación al aire libre (proyectos de huertos escolares, bosque-escuela, charcas escolares), los centros educativos argumentan obstáculos de tipo económico y logístico y dificultades para compatibilizarlas con el programa, y los/as docentes problemas de autoconfianza (Oberle et al., 2021). Tampoco los libros de textos ayudan a fomentar la interpretación del entorno local cuando presentan contextos exóticos (selvas, desiertos, elefantes, baobabs...) (Gavidia y Cristerna, 2000). Todo esto dificulta que el alumnado logre un aprendizaje significativo en Ecología que pueda transferir a contextos cercanos.

Los problemas ecológicos se abordan de manera simplista, mediante actividades más centradas en aspectos como reciclaje o el ahorro de agua que en argumentos que requieran de conocimientos o capacidad de razonamiento ecológicos. En los libros de texto españoles se abordan sobre todo causas directas, como la contaminación, con una escasa vinculación con la explosión demográfica, o las dimensiones sociales, sin incidir en aspectos concretos de la intervención humana, e incluso omitiendo el cambio climático, planteando soluciones locales e individuales a problemas ecológicos globales y sociales (Gavidia y Cristerna, 2000; Bermúdez, 2018).

Ideas alternativas como obstáculo para el aprendizaje de la ecología

Un aspecto de fundamental importancia para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias son las “concepciones previas”: ideas que el/la aprendiz ya ha construido antes de recibir instrucción formal sobre un tema específico, y que le resultan útiles para interpretar su realidad material, aunque a menudo no se corresponden con las científicas. Estas ideas pueden ser de origen espontáneo, cuando se aplica inferencia causal a percepciones sensoriales (por ejemplo, se percibe que el sol sale y se pone, y se interpreta que el sol se mueve respecto a la Tierra), o inducido, cuando proceden del entorno social; y analógico, cuando se aplica una concepción potencialmente útil procedente de otra área (Arillo et al., 2013). Desde el punto de vista educativo, lo más importante es que son formas de pensamiento intuitivo que están fuertemente arraigadas y no se modifican fácilmente, por lo que resulta necesario hacerlas explícitas como primer paso para abordar la enseñanza de un tema científico concreto, y confrontarlas en situaciones donde no resultan útiles, como forma de hacerlas evolucionar (Cañal et al., 2016).

En el ámbito de la Ecología, varios estudios muestran que el alumnado de todos los niveles educativos, y el profesorado en formación y en activo, mantienen numerosas concepciones previas que divergen de las científicas (Arslan et al., 2012; Ashlie et al., 2012; Hayes et al., 2017; Varela et al., 2020). Algunas son:

- Sobre Ecología vegetal: el CO₂ es una fuente de energía para plantas, las plantas toman el alimento por las raíces, las plantas no pueden defenderse de herbívoros o patógenos.
- Sobre interacciones depredador-presa: los carnívoros son grandes, los herbívoros pequeños.
- Sobre redes tróficas: la variación del número de organismos en un nivel trófico no afecta a otros niveles, o lo hace sólo en niveles tróficos superiores; o sólo produce consecuencias en las poblaciones o cadenas tróficas directamente conectadas con la población alterada.
- Sobre ecosistemas: la variación de la población de un organismo no afecta al ecosistema porque hay organismos que no son importantes; el ecosistema no funciona como un todo, sino que es una colección de organismos.
- Sobre la capacidad de carga: algunos ecosistemas no tienen límites de recursos y las poblaciones pueden crecer ilimitadamente.
- Sobre la sucesión ecológica: la comunidad climática es el estado final, perdurable y autoperpetuable; al avanzar la sucesión, los animales y plantas cada vez son de mayor tamaño.
- Sobre cambio climático: el agujero de la capa de ozono causa el efecto invernadero y las emisiones de los coches causan el agujero de la capa de ozono; se relaciona el cambio climático solo con subida de temperatura, con el aumento de cáncer de piel o la lluvia ácida; se proponen acciones de mitigación generales como “no contaminar” o “reciclar”.

Buenas prácticas para la enseñanza-aprendizaje de la Ecología

En este apartado final tratamos de arrojar luz sobre las estrategias didácticas que podrían resultar más eficaces para educar en Ecología (Fig. 1). En buena medida, coinciden con las aconsejables para cualquier disciplina científica, aunque presentan algunas especificidades relacionadas con la epistemología disciplinar. Planteamos recomendaciones, intentando alinearlas con el marco teórico para la educación científica que se ha expuesto, y considerando los principales obstáculos y dificultades para educar en Ecología que se han identificado.

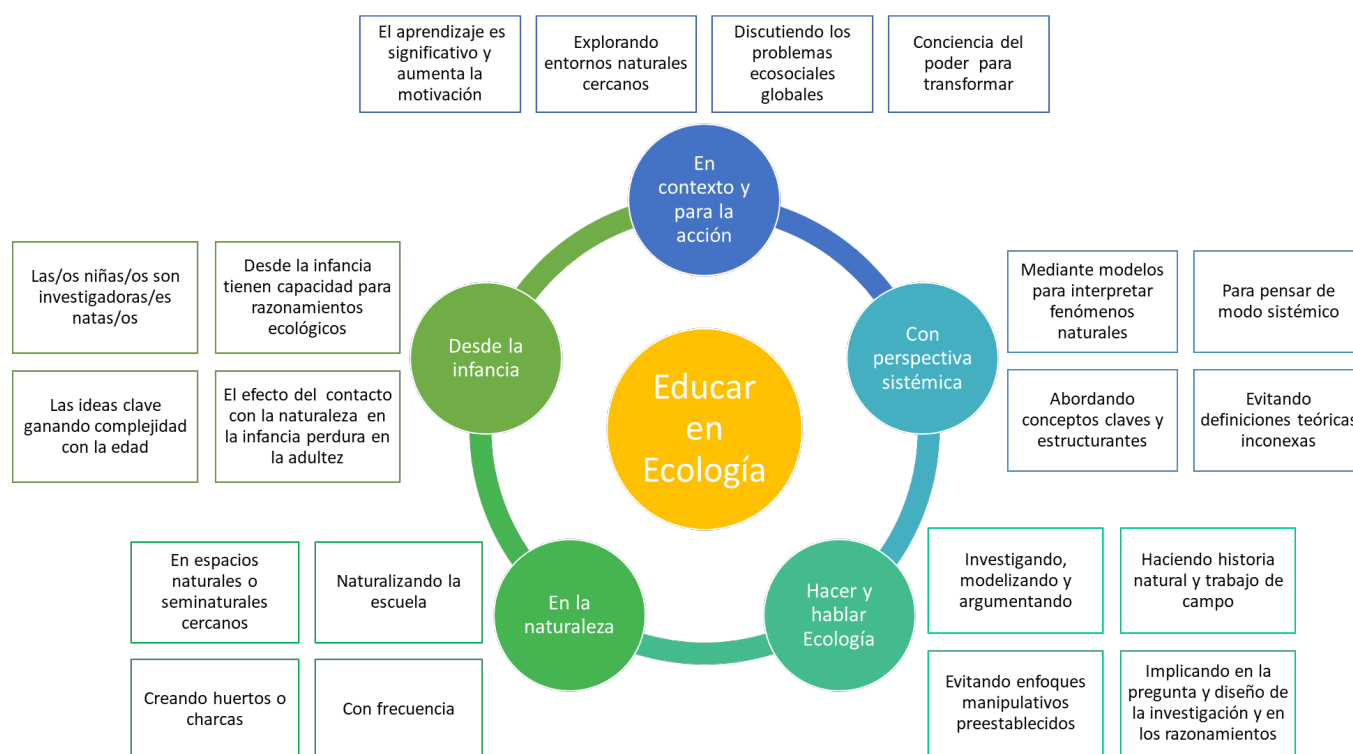


Figura 1. Recomendación de buenas prácticas para la educación en Ecología. Fuente: elaboración propia.

Figure 1. Recommended best practices for Ecology education. Source: own elaboration.

Enseñar en contexto y para la acción

Utilizar el contexto y las aplicaciones de la ciencia, en lugar de abordar las ideas teóricas antes que sus aplicaciones, ha sido una de las estrategias más utilizadas para desarrollar el currículo de ciencias a lo largo de las últimas décadas (Fensham, 2009). También los actuales currículos españoles (RD, 157/2022 y RD, 217/2022) plantean la necesidad de desarrollar “situaciones de aprendizaje”, una idea que procede del denominado “aprendizaje situado”, y que también subraya la necesidad de contextualizar. Basarse en un contexto como punto de partida hace más relevantes los conocimientos que se enseñan, motivando a los/las estudiantes y mejorando sus actitudes (Bennett et al., 2007).

En Ecología, se pueden plantear contextos a dos escalas: una local, que implicaría el uso de entornos naturales o naturalizados cercanos al centro educativo, y una global, en la que se propondrían problemáticas ecosociales o controversias sociocientíficas. Ejemplos del primer caso son el uso del patio escolar (Sanz et al., 2021), el huerto ecológico (Eugenio-Gozalbo y Zuazagoitia, 2023), la charca (Caño et al., 2026) o espacios verdes urbanos (Manz, 2012), para la observación o indagación (Fig. 2). Ejemplos del segundo son las causas y consecuencias del cambio climático (McNeill y Pimentel, 2010; Ferrari et al., 2024) o de la pérdida de biodiversidad (Zangori et al., 2020), para darles interpretación y sustento teórico desde los modelos y los conceptos estructurantes de la Ecología, mediante la argumentación basada en evidencias.

En todos los contextos es necesario promover que el alumnado realice propuestas de acciones concretas en relación con la cuestión o problemática trabajada, para desarrollar su capacidad de decisión y acción, en línea con las transiciones necesarias para conseguir la sostenibilidad (UNESCO, 2017; Bianchi et al., 2022). Algunos ejemplos serían comprometerse a cambiar hábitos de consumo, contactar a las administraciones locales solicitando acciones de conservación o realizarlas personalmente en entornos naturales (Eugenio-Gozalbo y García-González, 2020; Caño et al., 2026), etc. (Fig. 2).



Figura 2. Se puede y debe educar en Ecología en la escuela desde la infancia mediante las prácticas científicas en entornos naturales como el huerto o la charca, muestreando (a,e,g), observando (a,b,d), recogiendo e interpretando datos (a,f,g,h) y desarrollando acciones de conservación como la creación de una charca (c). Fotos tomadas en el Huerto EcoDidáctico del campus de Soria (Universidad de Valladolid) durante visitas de escolares (a, b, f) y cedidas por las escuelas Luzaro (c) Bizilore (e) y Elgeta (g, h) de la Red de Escuelas con Charca del País Vasco.

Figure 2. Ecology education can and should be carried out at school from childhood through scientific practices in natural environments, such as the garden or pond, by sampling (a,e,g), observing (a,b,d), collecting and interpreting data (a,f,g,h), and developing conservation actions such as the creation of a pond (c). Pictures taken at the Eco-Educational Garden on the Soria campus (University of Valladolid) during school visits (a, b, f), and provided by the Luzaro (c), Bizilore (e), and Elgeta (g, h) schools, within the Basque Network of School Ponds.

Enseñar con perspectiva sistémica mediante modelos

La investigación en Didáctica propone que los conceptos se enseñen mediante “modelos escolares” que permitan explicar y predecir fenómenos, en lugar de como definiciones teóricas inconexas (Izquierdo et al. 1999). Enseñar mediante modelos implica además desarrollar habilidades de pensamiento sistémico, y se ha visto que abordar los conceptos de Ecología con perspectiva sistémica y desde el razonamiento basado en modelos favorece su comprensión (Grotzer y Basca, 2003; Zangori et al., 2020). Los “conceptos clave” para entender y aplicar el modelo escolar de ecosistema (Fig. 3) están relacionados con el conocimiento sobre los seres vivos, los diferentes tipos de interacciones entre ellos, el funcionamiento de los ecosistemas, y el impacto humano en los organismos y los ecosistemas (NRC, 2012; Cañal et al., 2016; Cabello et al., 2025) y aparecen recogidos en el currículo español (RD, 157/2022 y RD, 217/2022). En el mismo sentido, la ESA también ha propuesto algunos *core ecological concepts*, que son fundamentales para la educación en Ecología (Jordan et al., 2009; Rodgers et al., 2024). Además, el alumnado debe aprender a usar “conceptos estructurantes”, transversales a todos los modelos (NRC, 2012; Cañal et al., 2016) que, como se observa en la Figura 3 para el modelo del sistema vivo, tienen aplicación en Ecología. Estos conceptos incluyen las ideas de sistema, escala (p. ej. si se considera el sistema a nivel de célula o de ecosistema), estructura-función (p. ej. de los órganos a nivel de organismo), de energía y materia (p. ej., el flujo de energía en un ecosistema), estabilidad-cambio (p.ej. cuando cambia la disponibilidad de recursos en un ecosistema), etc.

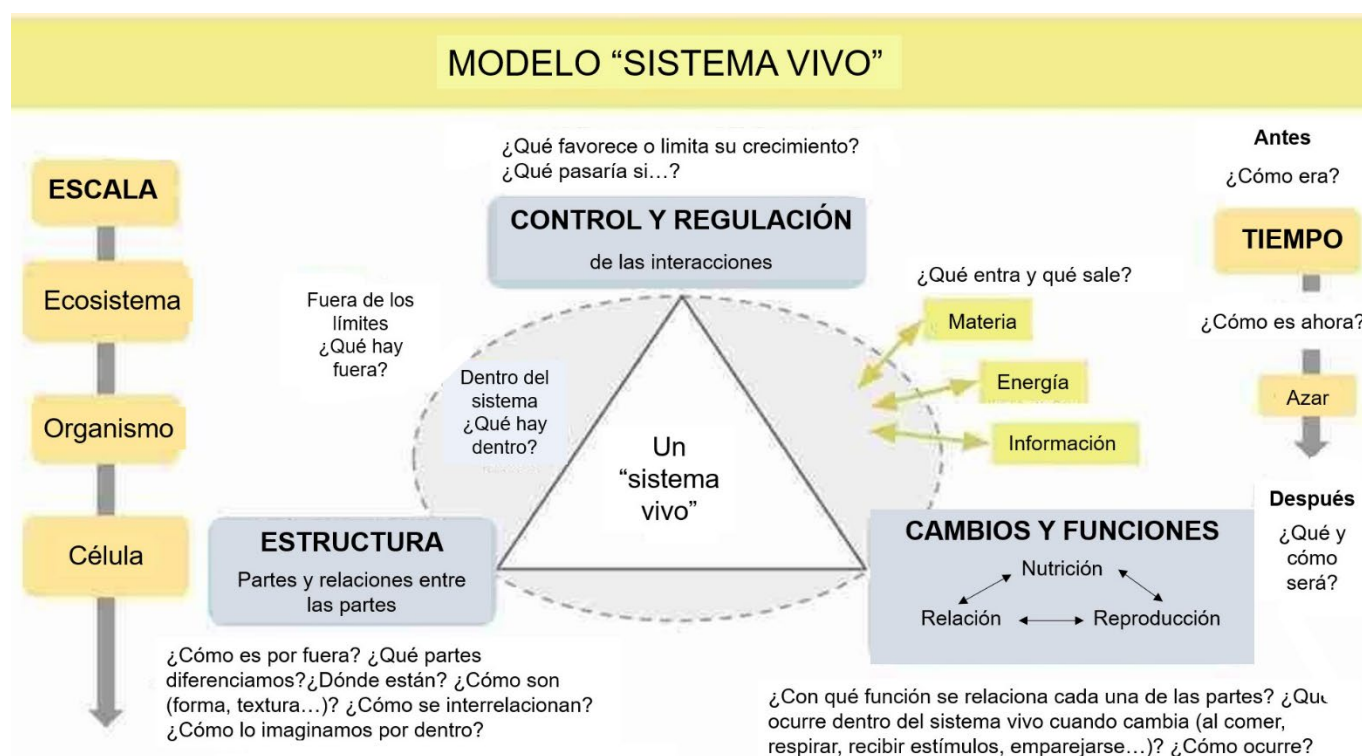


Figura 3. Representación gráfica del modelo escolar “sistema vivo” aplicable a diferentes escalas (célula, organismo y ecosistema). Al generar explicaciones sobre los fenómenos observados, se deben relacionar los diferentes niveles escalares (coherencia vertical). Fuente: traducido de Cabello et al., 2025.

Figure 3. Graphical representation of the “living system” school model applicable to different scales (cell, organism and ecosystem). When generating explanations of the observed phenomena, the different scalar levels must be interrelated (vertical coherence). Source: translated from Cabello et al., 2025.

Enseñar haciendo y hablando Ecología

La investigación didáctica apoya la idea de que el alumnado debe implicarse en razonar sobre Ecología mediante la indagación, la modelización y la argumentación (McNeill y Pimentel, 2010; Manz, 2012; Zangori et al., 2020). Para ello es necesario diseñar productos curriculares (secuencias didácticas o situaciones de aprendizaje) que requieran realizar procedimientos científicos generales, como diseñar una investigación, analizarla críticamente y llevarla a cabo, analizar e interpretar datos, trabajar colaborativamente, discutir, comunicar y aplicar (Martí, 2012; NRC, 2012; Garrido y Couso, 2025), junto con otros procedimientos característicos de la Ecología, como la historia natural y el trabajo de campo (Rodgers et al., 2024) (Tabla 3, Fig. 3). Para que la actividad científica escolar sea auténtica, deben evitarse planteamientos meramente instrumentales o manipulativos; por el contrario, es importante que el alumnado se implique en la identificación de preguntas y conceptos que guían las investigaciones científicas, sea consciente de los conocimientos que debe adquirir para contestarlas, participe en el diseño y planificación de la investigación, y se involucre en discusiones para dotar de sentido a los hechos o pruebas (Martí, 2012; Caño et al., 2024).

Los estudios indican que el papel la/el docente es clave (McNeill y Pimentel, 2010; Caño y Sanz, 2025), por lo que debe formarse en la propia disciplina, pero también en su didáctica, es decir, en las estrategias didácticas y dialógicas apropiadas. Antes de comenzar la instrucción, debe dar la oportunidad al alumnado de hacer explícitas sus concepciones previas mediante cuestionarios, discusiones de grupo o representaciones gráficas (Arillo et al., 2013; Cañal, 2016); durante el proceso, debe implementar una evaluación continua y formativa para que el/la estudiante sepa qué ha aprendido, qué le falta por aprender y qué puede hacer para aprenderlo (Sanmartí, 2020); y para concluir, debe facilitar que el alumnado responda a las preguntas iniciales que guiaron el desarrollo, formalice lo aprendido y sea consciente del conocimiento y habilidades adquiridos.

Tabla 3. La educación en Ecología debe promover que el alumnado se implique en procedimientos científicos generales y específicos de la Ecología. Fuente: Propuesta adaptada de Martí (2012), NRC (2012), Osborne (2014), Rodgers et al. (2024) y Garrido y Couso (2025), e ilustrada con ejemplos de actividades basadas en Eugenio-Gozalbo y Zuazagoitia (2023) y Caño et al. (2026).

Table 3. Ecology education should promote students' engagement in general and specific scientific procedures in Ecology. Source: Proposal adapted from Martí (2012), NRC (2012), Osborne (2014), Rodgers et al. (2024) and Garrido & Couso (2025), and illustrated with examples of activities based on Eugenio-Gozalbo & Zuazagoitia (2023) and Caño et al. (2026).

Indagación	Modelización
Mundo real: obtener datos para establecer hechos/evidencias	Mundo de las ideas: explicar hechos/evidencias usando modelos
Preguntar y expresar ideas iniciales	
- Hacer preguntas del tipo ¿Qué sucede? ¿Cómo cambia? - Plantear hipótesis	- Hacer preguntas del tipo ¿Cómo o por qué sucede? ¿Qué sucedería si...? - Expresar ideas propias. - Reconocer la necesidad de un modelo
Planificar y obtener datos	Desarrollar y usar modelos
- Diseñar procedimientos para la toma de datos, diseñar experimentos con variables. - Observar, medir, consultar datos.	- Proponer modelos y probarlos. - Reconocer la necesidad de más evidencia. - Experimentar, buscar información, realizar simulaciones. - Evaluar modelos - Transferir modelos a otros fenómenos o contextos.
Analizar datos	Construir explicaciones
- Describir, ordenar, representar y analizar datos - Identificar patrones, clasificar. - Interpretar y evaluar datos.	- Proponer mecanismos causales. - Formular predicciones. - Evaluar explicaciones.
Establecer conclusiones	Argumentar a partir de la evidencia
- Establecer hechos a partir de los datos. - Extraer conclusiones empíricas - Evaluar el diseño. - Responder a la pregunta de investigación	- Explicar fenómenos científicamente. - Argumentar usando las evidencias. - Evaluar argumentos - Responder a la pregunta inicial
Ejemplo 1	Ejemplo 2
1. <i>Pregunta inicial: ¿Cómo podríamos aumentar el rendimiento de nuestros cultivos en el huerto?</i> 2. <i>El alumnado discute qué factores condicionan el desarrollo de las plantas, y cuáles se podrían mejorar para que tengan más vigor y produzcan más biomasa. Plantean varias hipótesis (cuanto más claras y sencillas, mejor).</i> 3. <i>Evalúan el contexto real y las posibilidades que ofrece, y escogen dos hipótesis que resulte posible testar.</i> 4. <i>Se plantean y discuten dos diseños experimentales para testarlas.</i> 5. <i>Se define: qué parámetros se medirán (que sean indicativos del vigor de la planta) y cómo se hará; qué especies vegetales se van a cultivar y medir (y por qué); cada cuánto tiene sentido medir (considerando clima y fenología); cuántas medidas se necesitan para disponer de información suficiente; etc.</i> 6. <i>Se materializa el diseño experimental en el huerto o espacio disponible.</i> 7. <i>Se toman datos a lo largo del tiempo definido, para lo cual es conveniente disponer de estadillos diseñados ad hoc.</i> 8. <i>Se representan y analizan estos datos. Se reflexiona y discute sobre sus implicaciones.</i> 9. <i>Se elabora un informe científico con conclusiones y decisiones de gestión sobre cómo es mejor cultivar.</i>	1. <i>Pregunta inicial: ¿Qué puede ocurrirles a los seres vivos de la charca al introducir un pez?</i> 2. <i>El alumnado trata de discutir y escribir una predicción en base a sus conocimientos. Se pregunta ¿qué debemos conocer para poder hacer nuestra predicción?</i> 3. <i>Reconocen la necesidad de conocer las interacciones entre los organismos de la charca y proponen un modelo de red trófica en base a sus hipótesis.</i> 4. <i>Reconocen la necesidad de investigar los organismos de la charca. Para ello muestrean, observan, dibujan, clasifican e identifican los organismos y observan o buscan información sobre su dieta.</i> 5. <i>A medida que obtienen nueva información van revisando y completando sus modelos de redes tróficas. Al probar los modelos reconocen la necesidad de incluir otro tipo de interacciones no tróficas. Buscan información sobre necesidades mutualistas, comensales, etc. de sus organismos</i> 6. <i>Revisan y consensuan sus modelos finales de redes ecológicas explicando los diferentes tipos de interacciones y evaluando las explicaciones de los/as demás.</i> 7. <i>Aplican el modelo consensuado para responder a la pregunta inicial argumentando sus predicciones.</i>

Enseñar en contacto con la naturaleza

La Ecología es una disciplina idónea para ser enseñada y aprendida al aire libre. No siempre es necesario organizar salidas lejos del centro educativo; recomendamos llevar al alumnado a espacios naturales o naturalizados cercanos de forma regular, para que aprendan en contexto, y a la vez disfruten de los efectos restauradores de la naturaleza y desarrollen conexión con ella (Goodwin, 2016). También se puede promover la naturalización del propio centro, transformando patios o construyendo huertos o charcas (Sanz et al., 2021; Eugenio-Gozalbo et al., 2022a, b; Caño et al., 2026) (Fig. 3).

Enseñar desde la infancia

La observación de los organismos y sus hábitats, así como sus comportamientos de alimentación y apareamiento, forma parte de la experiencia y aprendizaje temprano de los/as infantes, y reviste para ellos/as de gran interés. Educarles en Ecología, y hacerlo fuera del aula e investigando, tiene todo el sentido considerando los beneficios para su bienestar (Collado y Corraliza, 2016) y la oportunidad que proporciona para el desarrollo de sus capacidades (Fig. 3). Se ha visto que los/as infantes son capaces de desarrollar procesos de indagación y argumentación desde edades tempranas (Manz, 2012; Caño et al., 2024; Caño y Sanz, 2025); y habilidades pensamiento sistémico en ecología en educación primaria (Ben-Zvi Assaraf y Orion, 2010). También es importante para el desarrollo de modelos precursores, que constituyen el primer paso en la construcción de modelos mentales más sofisticados (Weil-Barais, 2022). En este sentido, se propone abordar las ideas clave de Ecología estableciendo progresiones de aprendizaje que permitan ir revisitando las mismas ideas a lo largo de la escolarización obligatoria, y abordándolas cada vez con mayor complejidad (NRC, 2012; Cañal, 2016; Cabello et al., 2025).

Conclusiones

En el contexto actual de crisis ecológica, educar en Ecología en la escuela de manera auténtica, es decir, “haciendo y hablando Ecología” sobre contextos y problemas reales, tanto en entornos naturales o naturalizados como en un aula de manera colaborativa, puede contribuir a la construcción de una ciudadanía ecológica, consciente y comprometida con sus deberes y responsabilidades respecto a la protección del medio ambiente, a la vez que a combatir ideas negacionistas sobre fenómenos que han sido probados científicamente. Aunque existen ciertas dificultades para la enseñanza-aprendizaje de la Ecología, de tipo cultural, social, cognitivo, etc., la investigación en Didáctica ha evidenciado que es posible mejorar la alfabetización ecológica y las competencias para la sostenibilidad desde la escuela, si se adoptan las estrategias y prácticas docentes adecuadas. En este trabajo hemos analizado, recapitulado e integrado los elementos clave de la Ecología y de la Enseñanza de las Ciencias para poner de manifiesto el papel fundamental de la educación en Ecología ante los retos de la sociedad y para elaborar una propuesta de prácticas docentes útiles para quienes enseñan Ecología.

Contribución de las autoras

Las dos autoras han contribuido de forma equivalente a la elaboración de este artículo.

Financiación, permisos requeridos, potenciales conflictos de interés y agradecimientos

Este trabajo se enmarca en el proyecto Universidad-Sociedad “HEKOSARE” (US23/18) y el proyecto HBP/PIE i³ lab “IHGEL: La charca del Campus” (24-39) de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y del Proyecto de Innovación Docente “Huertos EcoDidácticos”, de la Universidad de Valladolid (UVa).

Las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Allen, T., Murray, K. A., Zambrana-Torrelío, C., Morse, S. S., Rondinini, C., Di Marco, M. ... Daszak, P. (2017). Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications* 8, 1124. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8>
- Álvarez-García, O., Sureda-Negre, J., & Comas-Forgas, R. (2017). 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>
- Arillo, M. Á., Ezquerro, Á., Fernández, P., Galán, P., García, E., González, M., ... San Martín, C. (2013). *Las ideas «científicas» de los alumnos y alumnas de Primaria: tareas, dibujos y textos*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/153-2013-12-16-libro%20completo%5Bsmallpdf.com%5D.pdf>
- Arsilan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. *International Journal of Science Education* 34: 1667-1686.
- Ashlie, M. B., Macnall, R., & Wymer C. L. (2012). Energy Flow through an Ecosystem: Conceptions of In-service Elementary and Middle School Teachers. *International Journal of Biology Education*, 2(1), 2-18.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370. <https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- Ben-Zvi Assaraf, O., Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school level. *Journal of Research in Science Teaching* 47: 540-563.

- Bermúdez, G. M. A. (2018). ¿Cómo tratan los libros de texto españoles la pérdida de la biodiversidad? Un estudio cuali-cuantitativo sobre el nivel de complejidad y el efecto de la editorial y año de publicación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15(1), 1-19. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1102
- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1): 17-29. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera, M. (2022). *GreenComp: The European sustainability competence framework*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/13286>
- Cabello, M., Domènech, M., Marbà, A., Pigrau, T., & Sanmartí, N. (2025). Model per interpretar sistemes vius. *Tresor de Recursos*. Recuperado de <https://tresorderecursos.com/model-per-interpretar-sistemas-vius/>
- Cañal, P., García-Carmona, A., & Cruz, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Madrid: Paraninfo.
- Caño, L., & Sanz, J. (2025). Young Children's Epistemic Operations and Emergent Argumentation in Inquiry-Based Discussions: The Role of Teacher Questioning and Collaborative Interactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 62(9), 2060-2079. <https://doi.org/10.1002/tea.70010>
- Caño, L., Sanz, J., & Gomez-Sagasti, M. T. (2024). Las preguntas y estrategias dialógicas de la docente para guiar la indagación en primaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 42(2), 67-86. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6017>
- Caño, L., Sanz, J., Sistiaga, M. (2026). Diversity of Life in School Ponds. In: Jarau, S., Benkowitz, D. (eds) *Sustainability Education in School Garden-Based Learning. International Explorations in Outdoor and Environmental Education*, vol 18. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-10273-7_16
- Capra, F. (1995). Deep ecology: A new paradigm. En G. Sessions (Ed.), *Deep ecology for the 21st century* (pp. 19-25). Shambhala.
- Catto, R. (2024). Creationism and climate skepticism: power and public understanding of science in America. *Cultural Studies of Science Education*, 19(1), 15-22. <https://doi.org/10.1007/s11422-023-10208-w>
- Collado, S., & Corraliza, J. A. (2016). *Conciencia ecológica y bienestar en la infancia. Efectos de la relación con la naturaleza*. Editorial CCS.
- Cutter-Mackenzie, A., & Smith, R. (2003). Ecological literacy: The 'missing paradigm' in environmental education (part one). *Environmental Education Research*, 9(4), 497-524. <https://doi.org/10.1080/1350462032000126131>
- Dobson, A. (2006). Ecological citizenship: a defence. *Environmental Politics*, 15(3), 447-451. <https://doi.org/10.1080/09644010600627766>
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). *Argumentation in Science Education* (Vol. 35). Springer Netherlands.
- Eugenio-Gozalbo, M., & García-González, E. (2020). Propuestas metodológicas para trabajar los ODS en relación con el entorno y la escuela en la formación inicial de maestros: el trabajo por proyectos y el diseño de secuencias didácticas. En: M. Vergara y L. Aragón (coords.), *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hoja de ruta en la educación del siglo xxi*. Editorial Octaedro.
- Eugenio-Gozalbo, M. & Zuazagoitia, D. (2023). *STEAM en el huerto. 10 propuestas de proyecto científico para educación secundaria*. Editorial Graó.
- Eugenio-Gozalbo, M., Zuazagoitia, D., Ruiz-González, A., Corrochano, D., Hurtado-Soler, A., & Talavera, M. (2022a). Implementing citizen science programmes in the context of university gardens to promote pre-service teachers' scientific literacy: a study case on soil. *International Journal of Science Education*, 44(10): 1619-1638. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2088877>
- Eugenio-Gozalbo, M., Monferrer, L., Ortega-Cubero, I., & Adelantado-Renau, M. (2022b). Estudiando los polinizadores en el contexto del huerto ecodidáctico universitario: presentación de una SEA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 2022. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3206
- Evans, G. W., Otto, S., & Kaiser, F. G. (2018). Childhood Origins of Young Adult Environmental Behavior. *Psychological Science*, 29(5), 679-687. <https://doi.org/10.1177/0956797617741894>
- Fensham, P. J. (2009). Realworld contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 884-896. <https://doi.org/10.1002/tea.20334>
- Ferrari, E., Ballegeer, A.-M., Corrochano, D., Fuertes, M. Á., Herrero Teijón, P., Delgado Martín, M. L., ... Ruiz, C. (2024). Improvement of attitudes and skills using a MOOC about the basic science of climate change. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 739.
- Fuertes-Prieto, M. A., Ferrari, E., Eugenio-Gozalbo, M., & Ruiz, C. (2024). Concerned or skeptical? Spanish preservice teachers' emotions about climate change and their relationship to their climate change competence. *International Research in Geographical and Environmental Education*. <https://doi.org/10.1080/10382046.2024.2427279>
- García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1108. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108
- Garrido, A., & Couso, D. (2025). The IPM cycle: An instructional tool for promoting students' engagement in modeling practices and construction of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 62: 391-425. <https://doi.org/10.1002/tea.21979>
- Gavidia, V., & Cristerna, M. D. (2000). Dimensión medioambiental de la ecología en los libros de texto de la educación secundaria obligatoria española. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 14, 53-67.
- Goodwin, T. (2016). Educating for Ecological Literacy. *The American Biology Teacher*, 78(4), 287-291. <https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.4.287>
- Grotzer, T. A., & Basca, B. B. (2003). How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding? *Journal of Biological Education* 38: 16-29.
- Hayes, M. L., Plumley, C. L., Smith, P. S., & Esch, R. K. (2017). *A Review of the Research Literature on Teaching about Interdependent Relationships in Ecosystems to Elementary Students*. Chapel Hill, NC: Horizon Research, Inc.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M. P., Pujol, R. M., & Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didáctica, número extra*, 79-92
- Jordan, R., Singer, F., Vaughan, J., & Berkowitz, A. (2009). What should every citizen know about ecology? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7, 495-500.
- Jourdren, M., Bucaille, A., & Ropars, J. (2023). The Impact of Screen Exposure on Attention Abilities in Young Children: A Systematic Review. *Pediatric Neurology*, 142, 76-88 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37001326/>
- Kahn, P. H. & Kellert, S. R. (Eds.). (2002). *Children and nature: Psychological, Sociocultural, and Evolutionary investigations*. Cambridge, Massachusetts: MIT press.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3). [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)

- Kelly, G. (2008). Inquiry, Activity and Epistemic Practice. En *Teaching Scientific Inquiry Recommendations for Research and Implementation*, pp. 99-117. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Lumber, R., Richardson, M. & Sheffield, D. (2017). Beyond knowing nature: Contact, emotion, compassion, meaning, and beauty are pathways to nature connection. *PLoS ONE*, 12(5): e0177186. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177186>
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96(6), 1071-1105. <https://doi.org/10.1002/sce.21030>
- Martí, J. (2012). *Aprender ciencias en la Educación Primaria*. Graó, Barcelona, España.
- Martins, I. P. & Brigas, M. A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36: 149-166
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education* 94, 203-229.
- Moll, A., Collado, S., Staats, H., & Corraliza, J. A. (2022). Restorative effects of exposure to nature on children and adolescents: A systematic review. *Journal of Environmental Psychology*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101884>
- McBride, B. B., Brewer, C. A., Berkowitz, A. R., & Borrie, W. T. (2013). Environmental literacy, ecological literacy, ecoliteracy: What do we mean and how did we get here? *Ecosphere*, 4(5), art67. <https://doi.org/10.1890/ES13-00075.1>
- Mustonen, R., Torppa, R., & Stolt, S. (2022). Screen Time of Preschool-Aged Children and Their Mothers, and Children's Language Development. *Children*, 9(10), 1577; <https://doi.org/10.3390/children9101577>
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Oberle, E., Zeni, M., Munday, F., & Brussoni, M. (2021). Support Factors and Barriers for Outdoor Learning in Elementary Schools: A Systemic Perspective. *American Journal of Health Education*, 52(5): 251-265. <https://doi.org/10.1080/19325037.2021.1955232>
- OECD (2023). *PISA 2025 Assessment and Analytical Framework (Draft)*, PISA, OECD Publishing, Paris. Recuperado de https://pisa-framework.oecd.org/science-2025/assets/docs/PISA_2025_Science_Framework.pdf
- ONU (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Resolución adoptada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, 42809, 1-13.
- ONU (2025). *Estado de la Población Mundial 2025. La verdadera crisis de fecundidad - Alcanzar la libertad reproductiva en un mundo de cambios*. <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789211592856>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Pérez-Martín, J. M., Calurano-Tena, M. T., Martín-Aguilar, C., Esquivel-Martín, T., & Bravo-Torija, B. (2019). Preguntas en los libros de texto de Ciencias Naturales de Educación Primaria: ¿Procesando o reproduciendo contenidos? *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación Docencia Creativa*. <https://doi.org/10.30827/Digibug.57754>
- Quinn, F., Castéra, J., & Clément, P. (2016). Teachers' conceptions of the environment: Anthropocentrism, non-anthropocentrism, anthropomorphism and the place of nature. *Environmental Education Research*, 22(6), 893-917. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1076767>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *BOE* núm. 52, de 2 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con>
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *BOE*, núm. 76, de 30 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rodgers, V. L., Scanga, S. E., St Juliana, J. R., Tietjen, E. S., Honea, J. M., Byrne, L. B., ... Middendorf, G. (2024). Four-Dimensional Ecology Education (4DEE) for everyone: teaching ecology to non-majors. *Frontiers in Ecology and the Environment* 22: e2749. <https://doi.org/10.1002/fee.2749>
- Sanmartí, N. (2020). *Avaluar és aprendre. L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències*. Generalitat de Catalunya.
- Sanz, J., Zuazagoitia, D., Lizaso, E., & Pérez, M. (2021). ¿Promueven los patios naturalizados el desarrollo de la competencia científica? Un estudio de caso en la educación infantil. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 18(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2203
- Selk, V., & Kemmerzell, J. (2022). Retrogradism in context. Varieties of right-wing populist climate politics. *Environmental Politics*, 31(5), 755-776. <https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1999150>
- Soga, M., & Gaston, K. (2016). Extinction of experience: The loss of human-nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14, 94-101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Sweeney, L. B., & Stermann, J. D. (2007). Thinking about systems: Student and teacher conceptions of natural and social systems. *System Dynamics Review*, 23, 285-312.
- UICN (2016). *Word Conservation Congress. Compromisos de Hawai'i, Hawai*. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/congress/hawaii-commitments>
- UNESCO (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de Aprendizaje*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>
- Varela, B., Sesto, V., & García-Rodeja, I. (2020). An Investigation of Secondary Students' Mental Models of Climate Change and the Greenhouse Effect. *Research in Science Education*, 50(2), 599-624. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9703-1>
- Weil-Barais, A. (2022). What Is a Precursor Model? In, J. M. Boileivin, A. Delserieys & K. Ravanis (Eds.), *Precursor models for teaching and learning science during early childhood* (pp. 11-32). Springer.
- Zangori, L., Ke, L., Sadler, T. D., & Peel, A. (2020). Exploring primary students causal reasoning about ecosystems. *International Journal of Science Education*, 42, 1799-1817
- Zhang, Z., Adamo, K. B., Ogden, N., Goldfield, G. S., Okely, A. D., Kuzik, N., ... Carson, V. (2021). Associations between screen time and cognitive development in preschoolers. *Paediatrics & Child Health*, 26; 27(2), 105-110. <https://doi.org/10.1093/pch/pxab067>