

EL PAPEL DE LOS JARDINES BOTÁNICOS EN LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD

The Role of Botanical Gardens in Teacher Training within the Context of Climate Change and Education for Sustainability

Raquel DE RIVAS*, Amparo VILCHES** y Olga MAYORAL*

* *Universitat de València. Jardí Botànic UV. España.*

raquel.rivas@uv.es; amparo.vilches@uv.es

<https://orcid.org/0000-0002-8936-0146>; <https://orcid.org/0000-0001-5308-2714>

** *Universitat de València. España.*

olga.mayoral@uv.es

<https://orcid.org/0000-0003-2340-4676>

Fecha de recepción: 27/10/2025

Fecha de aceptación: 22/12/2025

Fecha de publicación en línea: 23/06/2026

Cómo citar este artículo / How to cite this article: De Rivas, R., Vilches, A. y Mayoral, O. (2026). El papel de los jardines botánicos en la formación del profesorado ante el cambio climático y la educación para la sostenibilidad [The Role of Botanical Gardens in Teacher Training within the Context of Climate Change and Education for Sustainability]. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 38(2), 107-126. <https://doi.org/10.14201/teri.32933>

RESUMEN

La actual crisis socioambiental, caracterizada entre otras cosas por el colapso de la biodiversidad, el cambio climático y la desconexión simbólica y educativa con

el mundo natural, requiere una transformación profunda en todos los ámbitos, especialmente en el educativo. En este contexto, los jardines botánicos universitarios se revelan como infraestructuras clave para promover una educación para la sostenibilidad significativa, contextualizada e interdisciplinar. Este estudio analiza el potencial del Jardí Botànic de la Universitat de València como recurso didáctico en la formación continua del profesorado de secundaria.

La investigación se articula a través del diseño, implementación y evaluación de un curso intensivo sobre sostenibilidad y cambio climático, desarrollado en 2022 y 2023. Participaron docentes de distintas especialidades, que trabajaron de forma colaborativa para generar propuestas didácticas aplicables a sus respectivas materias, vinculadas al currículo y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. A lo largo de las sesiones, se combinaron reflexiones teóricas con experiencias prácticas al aire libre, promoviendo el aprendizaje activo, la conexión emocional con la naturaleza y la aplicación concreta en el aula.

Los resultados muestran una alta valoración del curso y del jardín como espacio formativo. Las actividades desarrolladas evidenciaron el potencial del enfoque interdisciplinar para abordar problemáticas ambientales desde diversas áreas. Las propuestas incluyeron desde estimaciones de captura de CO₂ hasta la recuperación del patrimonio cultural vegetal. El profesorado manifestó su intención de implementar estas ideas, reforzando el compromiso con la transformación educativa.

Este trabajo concluye que integrar espacios verdes como los jardines botánicos en la formación docente fomenta una reconexión con los sistemas naturales y contribuye a desarrollar competencias clave para enfrentar los desafíos socioambientales del siglo XXI.

Palabras clave: jardines botánicos; formación del profesorado; educación para la sostenibilidad; cambio climático; ODS; crisis global.

ABSTRACT

The current socio-environmental crisis, characterised, among other things, by the collapse of biodiversity, climate change, and an increasing symbolic and educational disconnection from the natural world, requires profound transformation across all areas, especially education. In this context, university botanical gardens emerge as key infrastructures for promoting meaningful, contextualised, and interdisciplinary education for sustainability. This study analyses the potential of the Botanical Garden of the University of Valencia as a teaching resource for the professional development of secondary school teachers.

The research is structured around the design, implementation, and evaluation of an intensive course on sustainability and climate change, carried out in 2022 and 2023. Teachers from different subject areas participated, working collaboratively to create teaching proposals applicable to their respective subjects, aligned with the curriculum and the Sustainable Development Goals. Throughout the sessions, theoretical reflections were combined with practical outdoor experiences, thus fostering active learning, an emotional connection to nature, and practical classroom application.

The results show a high appreciation of the course and the garden as an educational space. The activities carried out demonstrated the potential of an interdisciplinary approach to address environmental issues from different perspectives. The proposals ranged from estimating CO₂ sequestration to the recovery of plant cultural heritage. The teachers expressed their intention to implement these ideas, thereby reinforcing their commitment to educational transformation.

This study concludes that integrating green spaces, such as botanical gardens, into teacher training fosters a reconnection with natural systems and contributes to the development of key competencies for addressing the socio-environmental challenges of the 21st century.

Keywords: botanical gardens; teacher training; education for sustainability; climate change; SDGs; global crisis.

1. INTRODUCCIÓN

La situación socioambiental que enfrenta la humanidad en la actualidad constituye una crisis sin precedentes en la que múltiples y graves problemas interrelacionados convergen para conformar un escenario de alta complejidad. Descrito y fundamentado por expertos e instituciones científicas desde hace varias décadas, con un amplio consenso, este escenario exige una transformación profunda de todos los sectores sociales y en los diferentes ámbitos. Uno de los marcos más relevantes que puede contribuir a guiar esta transformación es la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La crisis global no puede comprenderse desde una única causa ni enfrentarse con soluciones fragmentadas. Está conformada por un entramado de problemas que se refuerzan mutuamente: la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de recursos, el colapso de ecosistemas, la escasez de agua dulce, la contaminación generalizada, el cambio climático, la inseguridad alimentaria, las desigualdades sociales, los conflictos geopolíticos y la erosión de la diversidad cultural, entre otros. Estos elementos íntimamente vinculados tienen su raíz común en un modelo de relación profundamente disfuncional entre la humanidad y la naturaleza. En las últimas décadas se ha intensificado la preocupación científica por la desconexión creciente con los sistemas naturales que nos sostienen. Una desconexión no solo física, sino también simbólica, cultural y educativa. Como advierten Çakar et al. (2021) y Chu (2022), esta pérdida de vínculo con el mundo natural ha sido determinante hasta el punto de poner en riesgo las bases biofísicas de la vida. En clave educativa, esta fractura reclama una mirada “glocal” y la formación de una ciudadanía planetaria capaz de articular escalas y responsabilidades (Murga-Menoyo y Novo, 2017).

Como señalan Rockström et al. (2024) se trata de problemas que nos están acercando peligrosamente a los denominados límites planetarios, incluso superando algunos de

ellos, como la concentración atmosférica de dióxido de carbono o el ritmo de extinción de especies y la pérdida de biodiversidad. Un conjunto de umbrales que delimitan un marco donde la humanidad puede desenvolverse con seguridad (Folke, 2013).

Ante esta compleja situación, la educación emerge como una herramienta esencial, con el profesorado en un lugar clave de toda estrategia que se profile, puesto que tiene el potencial de generar un cambio cultural profundo. La transformación educativa debe orientarse a recuperar la comprensión de la interdependencia entre las personas y los ecosistemas, integrando e impulsando este conocimiento científico en el currículo básico en todas las etapas educativas. Se trata de cultivar no solo capacidades cognitivas, sino también éticas y afectivas, que permitan a las generaciones más jóvenes corregir las disfunciones descritas y ejercer una ciudadanía consciente de nuestra dependencia con el mundo natural.

A la luz de lo anterior, recursos como los jardines botánicos son esenciales complementos en intervenciones educativas que pretenden amplificar y mejorar el impacto y eficacia de la educación para la sostenibilidad (ES). Si bien los jardines botánicos no pueden ser considerados espacios naturales, sí que son espacios verdes que ofrecen multitud de oportunidades de investigación, conservación y educación en lugares de superficie limitada, pero con una biodiversidad desbordante. Resulta llamativo que, a pesar de los numerosos avances en cuanto a las potencialidades de las plantas en general y de los jardines botánicos en particular (De Rivas et al., 2024; Mayoral, 2019), sigan infrautilizados como recurso didáctico en un escenario como el descrito. El agravamiento de los problemas planetarios, entre los que tiene un peso específico revelador la pérdida de biodiversidad, ha hecho emerger nuevos retos de conservación y de educación que estos espacios están en una posición única para abordar. Conviene subrayar, además, una dimensión histórica y estructural: buena parte de los jardines botánicos pertenecen a instituciones de enseñanza superior y se originaron con una misión eminentemente docente en el marco de la educación formal (botánica, medicina, farmacia). Este arraigo universitario los sitúa de manera natural como infraestructuras académicas idóneas para la formación y para la investigación educativa, a la vez que como una herramienta imprescindible para la ES del alumnado de los diferentes niveles educativos.

En un territorio como el mediterráneo, reconocido como uno de los principales *hotspots* de biodiversidad a nivel mundial (Hewitt, 2011; Myers et al., 2000) y, a la vez, como una de las regiones más vulnerables frente al cambio climático y otras presiones del cambio global (Cramer et al., 2020), los jardines botánicos representan una herramienta educativa de especial relevancia. Estos espacios no solo albergan una representación valiosa de la flora local y regional, sino que también permiten a alumnado y profesorado experimentar una conexión directa con su entorno más próximo, facilitando así las llamadas soluciones educativas basadas en el lugar (*place-based solutions*) que promueven aprendizajes significativos y contextualizados (UNESCO, 2017). Esta vinculación con el territorio potencia la sensibilización ecológica y favorece una comprensión profunda de los impactos que ya se manifiestan

localmente, como la pérdida de especies endémicas, la aridificación progresiva, los problemas del mundo rural o los cambios en los ciclos hídricos (Díaz et al., 2019).

Con este planteamiento, se presenta una investigación llevada a cabo en el Jardí Botànic de la Universitat de València (JBUV), en el contexto de una intervención más amplia con profesorado de secundaria y su alumnado, pertenecientes a distintos centros educativos de la provincia (De Rivas et al., 2025). Un jardín botánico universitario que nace como espacio docente e investigador para el estudio de la botánica y que ha ampliado sus usos y objetivos a otras disciplinas. El propósito del trabajo es doble y se formula en términos evaluables. En primer lugar, se caracteriza el jardín botánico como herramienta educativa con un amplio potencial en distintas áreas de conocimiento y, especialmente, en la formación del profesorado. En segundo lugar y de forma prioritaria se persigue la implicación del profesorado de secundaria en activo, mejorando su capacitación e interés en una ES utilizando para ello temáticas y contextos altamente motivadores.

Para ello se propone primero una revisión y reflexión sobre el binomio cambio climático y biodiversidad, así como su tratamiento educativo, para aterrizar y profundizar específicamente en la formación del profesorado que ha de dar respuesta a los numerosos llamamientos que requieren su participación, en el marco del JBUV. A continuación, se describe la metodología utilizada, incluyendo los diseños experimentales concebidos para este fin (curso *ad-hoc* y su evaluación) y se analizan y presentan algunos de los resultados obtenidos hasta el momento. Finalmente, se formulan conclusiones y proyecciones, señalando líneas futuras de investigación e innovación educativas, con especial atención a la necesaria implicación de docentes en un marco de ES.

La magnitud del desafío socioambiental descrito exige superar visiones fragmentadas en torno a la problemática que nos ocupa y avanzar hacia un nuevo paradigma basado en el respeto de los límites del planeta y la equidad social. La sostenibilidad, como recuerda Bybee (1991), sigue siendo “la idea unificadora más necesaria” de nuestro tiempo. Hoy más que nunca, esta palabra encierra la posibilidad de reparar nuestra relación con la naturaleza y de construir, desde el presente, un futuro común habitable.

2. BIODIVERSIDAD Y EDUCACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MARCO DE UN JARDÍN BOTÁNICO

El cambio climático está transformando profundamente los ecosistemas del planeta, afectando tanto a los medios terrestres como a los acuáticos. Estos cambios ya han causado la desaparición masiva de especies, impulsando una pérdida global de salud planetaria. Uno de los problemas más críticos es la disminución de los servicios ecosistémicos esenciales, como la captura de carbono, el control de inundaciones, la purificación del aire y el agua, la fertilidad del suelo o la polinización. Cuando los sistemas naturales se desestabilizan, dejan de prestar estos servicios, lo que conlleva impactos ecológicos, sociales y culturales graves, incluyendo una

creciente vulnerabilidad de los medios de vida humanos. El colapso de la biodiversidad se considera uno de los límites planetarios que ya ha sido ampliamente superado siendo el cambio climático el principal factor de declive, como confirma, entre otras, una amplia investigación internacional publicada recientemente (IUCN, 2023).

La relación entre la biodiversidad y el cambio climático, como sucede con el conjunto de problemas socioambientales, es profundamente interdependiente y bidireccional: mientras el cambio climático constituye una de las principales amenazas para la biodiversidad, su pérdida, a su vez, intensifica el calentamiento global. El aumento de las temperaturas, la alteración de los patrones de precipitación, la acidificación de los océanos y los eventos climáticos extremos están provocando la degradación de hábitats, desplazamientos de especies y extinciones locales (Beery et al., 2020), contribuyendo al abandono del medio rural y al incremento de desigualdades entre otros numerosos problemas sociales. Al mismo tiempo, la destrucción de ecosistemas naturales como bosques, humedales, praderas o sistemas marinos interrumpe procesos fundamentales como la captura y el almacenamiento de carbono, reduciendo la capacidad del planeta para regular el clima. En este contexto, la conservación y restauración de la biodiversidad constituyen estrategias clave para mitigar, pero también para adaptarse al cambio climático. Ecosistemas sanos y diversos actúan como barreras naturales frente a desastres climáticos -protegiendo zonas costeras, refrescando el ambiente, regulando flujos de agua y manteniendo suelos fértiles- al tiempo que capturan carbono de forma eficaz y duradera. Además, la biodiversidad proporciona resiliencia: cuantas más especies y funciones ecológicas coexistan, mayor será la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a condiciones cambiantes sin colapsar. Invertir en biodiversidad no es solo una acción ambiental, sino una respuesta estratégica de alto impacto social frente a la crisis climática (Seddon et al., 2020). Una inversión imprescindible para la supervivencia de todos los seres vivos, superando la ruptura de equilibrios de los que depende también nuestra especie, con consecuencias tan graves como las pandemias y reconociendo nuestra dependencia de los servicios sistémicos proporcionados por la biodiversidad de la que formamos parte (Gil Pérez y Vilches, 2023).

A partir de este diagnóstico, la investigación integra de forma deliberada el JBUV como pilar de las propuestas de acción para la sostenibilidad y el cambio climático que se llevan a cabo, potenciando e impulsando su uso en el marco de una ES.

A través de estas experiencias se promueve, además, una educación en valores centrada en la justicia social, los derechos humanos, el conocimiento de otras culturas y el respeto hacia la diversidad de opiniones y formas de vida (Gil Pérez y Vilches, 2017). En concreto, la educación fuera del aula en espacios verdes proporciona abundantes e interesantes oportunidades para explorar y desarrollar enfoques interdisciplinarios, holísticos, experienciales y orientados a la acción (Amórtgui et al., 2017). Trabajar con impactos ambientales concretos constituye, además, una vía potente de alfabetización y “despertar” ético (Puig i Baguer y Casas-Jericó, 2017) que los jardines botánicos permiten abordar de forma situada.

Los jardines botánicos invitan a los participantes al aprendizaje abierto y activo, influyen positivamente en los conocimientos y las actitudes socioambientales del alumnado y facilitan la comprensión de temas relacionados específicamente con la naturaleza y el cambio climático (Eberbach y Crowley, 2017; Sellmann, 2014; Sellmann y Bogner, 2013; Williams et al., 2015). Por esta razón, hay una tendencia a redoblar esfuerzos para ampliar y mejorar programas educativos (Dodd y Jones, 2010; Suárez-López y Eugenio, 2018) en estos espacios, en los que se pueden incluir temáticas variadas y vinculadas entre sí como la emergencia climática, la conservación de la biodiversidad, la jardinería sostenible, la mejora de la seguridad alimentaria, el intercambio de historias personales sobre el valor de la biodiversidad para las comunidades locales, entre otras (Vergou y Willison, 2016).

Para que estas intervenciones prosperen, se requiere la formación e implicación del profesorado, responsables e instituciones educativas capaces de impulsar el cambio de paradigma cultural y educativo que se necesita (Lugg, 2007). De hecho, por ejemplo, la LOMLOE incluye una mención específica a la necesidad de una educación enfocada hacia la sostenibilidad y los retos del cambio climático, destacando explícitamente que el sistema educativo debe fomentar “el contacto del alumnado con los espacios verdes”.

A la luz de los desafíos complejos y sistémicos que plantea el cambio climático -como la pérdida acelerada de biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos esenciales mencionados-, no cabe duda de la necesidad de integrar perspectivas relacionales, emocionales y éticas en la educación.

La incorporación del JBUV en propuestas de ES constituye un ejemplo ilustrativo de cómo estos espacios educativos pueden facilitar aprendizajes integrales. En ellos se fomenta, además del saber académico, la vivencia emocional, la reflexión ética y la conexión con los valores que sustentan el cuidado del planeta. Así, se refuerza la idea de que una educación transformadora debe articular conocimientos científicos con habilidades críticas, sensibilidad social y compromiso, contribuyendo a formar una ciudadanía capaz de comprender y afrontar los retos del presente y del futuro desde una mirada holística y comprometida.

Los jardines botánicos poseen cualidades únicas que los convierten en espacios privilegiados para el desarrollo de propuestas educativas difíciles de replicar en otros entornos, entre ellas, su presencia global y la diversidad de colecciones de plantas vivas que albergan. Esta particularidad ofrece oportunidades de enseñanza-aprendizaje muy valiosas para abordar, de forma tangible, cuestiones complejas como los efectos del cambio climático. Además, muchos de estos jardines conservan archivos históricos excepcionales -herbarios y bancos de germoplasma- que constituyen recursos científicos y didácticos de gran valor, poco comunes en otros contextos educativos. En los últimos años, este potencial se ha visto reforzado por una creciente implicación de los jardines botánicos en iniciativas de ciencia ciudadana y proyectos colaborativos relacionados con la actual crisis planetaria (Miller y Derewnicka, 2019).

A ello se suma un argumento estratégico a la hora de incluir sesiones de trabajo en espacios verdes en un marco de ES: la conservación del mundo vegetal se convierte en un requisito innegociable para avanzar hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Amprazis y Papadopoulou, 2020). Esta problemática refleja una paradoja central que pone el acento en la esencia misma del concepto de sostenibilidad: sin las plantas, la vida en la Tierra no sería posible.

En 2018 se firmó en Melbourne la Alianza de Jardines Botánicos por el Cambio Climático, un compromiso internacional que reconoce la urgencia y magnitud sin precedentes de la crisis climática. El manifiesto fundacional destaca el papel esencial de los jardines botánicos como custodios de conocimiento científico y hortícola, así como espacios educativos e inspiradores para impulsar el cambio social. La Alianza subraya la necesidad de actuar colectivamente para proteger las colecciones botánicas vivas, los paisajes y la vida en el planeta, promoviendo la creación de entornos resilientes. Con una declaración conjunta, los jardineros del mundo afirman que es tiempo de actuar.

En definitiva, los jardines botánicos son representaciones de la naturaleza en miniatura (Heyd, 2006), un recurso que al servicio de la educación puede influir en la experiencia de los visitantes, su conexión con la naturaleza, su comprensión de la biodiversidad y su vinculación con otras cuestiones como las amenazas de la crisis climática (Zelenika et al., 2018) y los problemas socioambientales que se están generando. Por ello se señala que los jardines botánicos tienen una oportunidad inmensa: volver a conectar a las comunidades con el mundo natural (De Rivas, 2024).

3. FORMACIÓN DEL PROFESORADO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD

Dada la creciente relevancia y urgencia de los problemas socioambientales resulta imprescindible el compromiso amplio y mayoritario del profesorado para contribuir a la implicación de su alumnado en las medidas que se requiere adoptar (Buchanan, 2012; Geli y Terradellas, 2019; Medir et al., 2014; Summers et al., 2005; Vilches y Gil Pérez, 2012). A pesar de ello, diversos estudios coinciden en señalar que una gran parte de docentes no se sienten preparados para abordar estos contenidos, lo que se traduce en una enseñanza insuficiente o fragmentaria en torno a la sostenibilidad (Evans, 2020; Timm y Barth, 2021). Las carencias que se detectan no solo se relacionan con un conocimiento limitado de los contenidos vinculados en este contexto, también con la falta de herramientas específicas para integrarlos eficazmente en su labor diaria. Las dudas respecto a cómo enseñar estos temas, junto con la percepción de no lograr los objetivos de aprendizaje deseados, generan inseguridad entre el profesorado y ponen de manifiesto la necesidad urgente de mayor formación y respaldo institucional (Geli et al., 2005; Vilches y Gil Pérez, 2012; Waltner et al., 2020). Esta laguna formativa puede traducirse incluso en una visión desajustada de la magnitud y la urgencia de la crisis socioambiental global (García-González et al., 2020; López-Fernández et al., 2024).

Una situación como la descrita requiere trabajar desde distintas perspectivas. Una de las más relevantes consiste en reforzar la formación inicial del profesorado, para que se incorpore a sus centros educativos habiendo adquirido una formación en ES que le permita ejercer en un contexto social tan específico. Adicionalmente a esta formación, que concierne de manera directa especialmente a las instituciones universitarias responsables de la educación de futuros docentes, es necesario incluir también en este objetivo a quienes ya se encuentran en la necesidad de atender estas demandas de la ES y que probablemente no recibieron en su momento la formación adecuada para hacerlo (Corney y Reid, 2007). Cabe señalar que son pocos los estudios e investigaciones que incorporan al profesorado con la intención de evaluar determinadas experiencias llevadas a cabo; pero es obvio que no incluir su propia visión limita el alcance de dichos estudios (Chalkley y Sterling, 2011; Holm et al., 2015; Solís y Valderrama, 2015). Sin embargo, trabajos en el campo de la formación docente en sostenibilidad han señalado la necesidad de que el profesorado participe activamente en los procesos de investigación/innovación poniendo de manifiesto que de esta forma se contribuye a su implicación activa en la formación de una ciudadanía responsable frente a la problemática global (Cebrian y Junyent, 2015; Collazo y Geli, 2017; Vilches y Gil Pérez, 2012).

Uno de los aspectos que favorece una integración efectiva de la sostenibilidad en la formación del profesorado es su enfoque interdisciplinar. El reto no es solo consolidar competencias en sostenibilidad, sino también explicitar cómo enseñarla en contextos reales. Existe por tanto la necesidad de desarrollar su competencia, conocimientos y habilidades, así como la experiencia didáctica, además de las actitudes adecuadas ante este abordaje.

El currículo basado en competencias, mayoritario en nuestro sistema educativo, otorga un papel central al establecimiento de marcos de referencia coherentes que orientan propuestas y acciones educativas y permiten a definir con claridad las necesidades específicas de formación del personal docente responsable de implementar los programas. En el contexto actual, la sostenibilidad emerge como un eje vertebrador especialmente pertinente para guiar cualquier intervención dentro y fuera del aula. La fuerza normativa de este enfoque ha sido reconocida desde hace tiempo, consolidándose como un modelo dominante en el ámbito educativo (Werler y Tahirsylaj, 2022). La crisis global ha contribuido a redefinir qué tipo de saberes se consideran verdaderamente significativos y necesarios, orientando las necesarias reflexiones alrededor de “para qué enseñar” y qué conocimiento merece ser priorizado. El aprendizaje y la enseñanza con una emergencia planetaria como telón de fondo no constituyen actividades sencillas. Este escenario demanda investigaciones rigurosas y sistemáticas que aborden desafíos específicos que surgen en este ámbito. Para que los cambios en la práctica docente sean significativos y duraderos, es imprescindible disponer de un cuerpo sólido y coherente de conocimientos que los respalde, evitando así caer en propuestas innovadoras aisladas o puntuales. Resulta imprescindible que estas investigaciones no solo se intensifiquen, sino

que incorporen activamente al profesorado, con el objetivo de ofrecer respuestas concretas a las dificultades que enfrentan en su práctica cotidiana.

La configuración de un cuerpo docente crítico, con capacidad para interpretar distintas situaciones académicas e integrar conclusiones derivadas de un proceso de reflexión colectiva, se perfila como una práctica altamente beneficiosa de mejora continua para todas las personas implicadas en la educación (Tilbury, 2007).

Después de todo lo mencionado, incluir los jardines botánicos en la formación del profesorado -independientemente de la etapa educativa o del área disciplinar- puede constituir una estrategia especialmente pertinente. Estos espacios no solo ofrecen una experiencia directa y multisensorial con los sistemas naturales, sino que permiten trabajar contenidos curriculares desde enfoques interdisciplinares, favoreciendo el trabajo colaborativo. Su potencial didáctico es especialmente valioso para el desarrollo profesional docente, ya que propicia una reflexión crítica sobre las metodologías empleadas y estimula la innovación educativa (Collazo y Geli, 2017). Tal y como promueve la Agenda 2030, el profesorado ha de liderar procesos educativos coherentes con la realidad que nos interpela.

4. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta lo que se ha venido justificando, esta investigación se centra en el diseño, la implementación y la valoración de cursos formativos sobre ES en el marco del JBUV, dirigidos al profesorado de diferentes centros de la provincia de Valencia y articulados como parte de una intervención más amplia (De Rivas et al., 2025).

En las distintas sesiones de los cursos se adopta una metodología activa, en la que los docentes se distribuyen en equipos colaborativos para la construcción de conocimientos en torno al cambio climático y la sostenibilidad, así como para la consolidación de actitudes positivas hacia su enseñanza. Esto supone la discusión del posible interés y relevancia de los problemas que se van a estudiar, planteamiento de preguntas, la emisión de conjeturas fundamentadas, la elaboración y puesta en práctica de instrumentos y estrategias de resolución, la formulación de propuestas, etc. Se trata de una metodología convergente con la que ha trabajado el profesorado con su alumnado a lo largo del curso y con acompañamiento del equipo de investigación.

El trabajo cooperativo en el aula se concibe como un instrumento imprescindible para lograr aprendizajes significativos y un creciente interés hacia el contenido de lo que se pretende abordar, contribuyendo a crear un buen clima de trabajo con la integración de los participantes en una tarea común y a mejorar el aprendizaje en todo tipo de actividad o contenido de enseñanza, en cualquier nivel educativo y especialmente en la formación del profesorado (Vilches y Gil Pérez, 2012) para su implicación en este caso en la ES.

En este estudio, como ya se ha señalado, se analiza y pone en valor el importante papel que la educación fuera del aula en espacios verdes como los jardines botánicos puede y debe jugar en la educación formal y en la formación inicial y continua del profesorado, empleando el JBUV como recurso educativo de primer orden, mostrando además el interés de este enfoque para diferentes asignaturas, acorde con la interdisciplinariedad que supone la ES.

4.1. *Diseño de los cursos*

Conviene señalar que estos cursos formativos constituyen una oportunidad para consolidar y profundizar una propuesta que se viene realizando a lo largo de los cursos escolares en que se pusieron en marcha, como apoyo e impulso de una línea de trabajo en los centros educativos que se implicaron y su profesorado (De Rivas et al., 2025). La intención específica trata de generar propuestas concretas de aprendizaje en las que el profesorado pueda incluir la utilización del JBUV.

Las dos ediciones del curso, que lleva por título: “El papel de los jardines botánicos en la formación del profesorado ante el cambio climático y la educación para la sostenibilidad”, se realizaron en el JBUV, a finales del mes de junio de 2022 y a principios de julio de 2023 respectivamente, con una duración aproximada de cinco horas.

En síntesis, el curso se diseñó con los objetivos de (i) profundizar en la comprensión docente de la interrelación entre biodiversidad, cambio climático y sostenibilidad; (ii) capacitar al profesorado para integrar estos contenidos en sus programaciones a través de propuestas interdisciplinares; y (iii) fomentar el uso del JBUV como recurso didáctico para desarrollar competencias vinculadas a una educación contextualizada y experiencial. Los contenidos abordaron, de manera progresiva, la crisis socioambiental actual, los fundamentos científicos del cambio climático, la relevancia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y las posibilidades didácticas de los espacios verdes en la educación secundaria. La metodología, coherente con estos propósitos, combinó sesiones de reflexión, dinámicas colaborativas y un itinerario formativo en el jardín, donde se desarrollaron actividades aplicadas -como la estimación de biomasa de un árbol, el análisis de especies o la interpretación de elementos patrimoniales- orientadas a promover aprendizajes significativos y transferibles al aula. La evaluación del curso se llevó a cabo mediante un cuestionario que incluía ítems cuantitativos y cualitativos para valorar la utilidad percibida, la comprensión de los contenidos, la pertinencia de las actividades y el potencial del jardín como recurso educativo. Este diseño articuló de forma explícita la relación entre metodología, actividades y resultados de aprendizaje esperados, de modo que cada fase del curso contribuyera al desarrollo de capacidades docentes para contextualizar la enseñanza, diseñar propuestas interdisciplinares y potenciar la alfabetización del alumnado.

Se comienza con una reflexión sobre los objetivos y contenidos del curso (punto 2). Tras ella, se plantea un intercambio con el fin de revisar los temas abordados en las actividades llevadas a cabo a lo largo del curso académico correspondiente, en torno a la sostenibilidad y el cambio climático (punto 3), además dar a conocer el JBUV como recurso educativo en ES. Es de esperar que el profesorado detecte aquí las numerosas oportunidades que existen en el currículo de secundaria de las diferentes materias, para concretar un trabajo fuera del aula en el contexto propuesto. La visita (punto 5) se realiza siguiendo un itinerario en el que se abordan algunas de las ideas consideradas más importantes para entender la crisis climática, sus causas y consecuencias. Con el trabajo posterior de los equipos se busca favorecer que se vayan señalando y comentando los contenidos que se pueden abordar en las materias que imparten, vinculados a ubicaciones específicas e integrados en una actividad completa. Por último (punto 6) ya en aula se realiza la puesta en común y valoración del trabajo realizado.

En el trabajo por grupos los asistentes se organizan en equipos colaborativos integrados por docentes que comparten áreas disciplinares en general.

4.2. *Muestra*

En las dos ediciones del curso, participan un total de 57 docentes en activo (36 mujeres y 21 hombres) con una experiencia laboral media de 15 años. El profesorado asistente ha sido seleccionado por conveniencia al formar parte del grupo de docentes que ha participado a lo largo de los cursos en un proyecto de investigación en torno al cambio climático y la ES, en el que estaban implicados 14 centros educativos de secundaria interesados por la problemática socioambiental.

Las materias que imparten son: Biología y Geología, Física y Química, Matemáticas, Latín, Geografía e Historia, Música, Educación Física, Tecnología, Dibujo, Filosofía, Inglés, Lengua y Literatura, Francés, Cultura Clásica, Valenciano, Economía, Cultura Científica y Griego.

4.3. *Instrumento y recogida de información*

Para la evaluación del curso se utilizó un cuestionario validado por expertos, compuesto por tres ítems de respuesta cerrada en escala Likert (1-10) destinados a valorar la utilidad percibida, la pertinencia de las actividades y la adecuación de la metodología, junto con una pregunta abierta orientada a recoger comentarios cualitativos sobre la experiencia. Se realizó de forma anónima al finalizar cada edición del curso mediante un formulario digital, lo que garantizó una elevada tasa de respuesta. Para el análisis de los datos, las valoraciones cuantitativas se procesaron mediante estadísticos descriptivos simples (frecuencias y porcentajes), mientras que las respuestas abiertas fueron objeto de una categorización temática en torno a la aplicabilidad de las propuestas, el valor del JBUV como recurso educativo, la relevancia de los contenidos y las sugerencias de mejora. Este procedimiento permitió

complementar la información numérica con una comprensión más rica y matizada de las percepciones del profesorado.

Cuestionario

El siguiente cuestionario aborda diferentes aspectos del curso en el que has participado. Agradecemos tu colaboración, tu opinión resultará de gran ayuda para enriquecer y reorientar en su caso aquellas actuaciones que lo precisen. Justifica la respuesta en todos los casos.

1. Valora de 1 a 10 de forma global el curso (siendo 1: No me ha gustado nada y 10: Me ha gustado mucho)
2. Valora la metodología utilizada
3. Valora la utilidad del curso para comprender el papel del Jardín Botánico y de los espacios naturales en general para el estudio del cambio climático y la educación ciudadana para la sostenibilidad
4. Comentarios que justifican tu valoración y sugerencias

5. RESULTADOS

La discusión de los objetivos del curso al inicio de la jornada (punto 2) señala que es una herramienta útil por su contribución a profundizar en el trabajo previo que el profesorado había realizado en sus centros (De Rivas et al., 2025), compartiendo experiencias y opiniones sobre la propuesta. Esta contextualización pone de manifiesto la importancia de vincularse a proyectos en los que se cuenta con la orientación y guía de un equipo investigador, a la vez que se garantiza que el punto de vista y los intereses del profesorado participante queda integrado desde el principio por su papel activo y protagonista.

La siguiente sesión (punto 3) ha permitido al profesorado detectar que son numerosas las oportunidades que existen para concretar un trabajo fuera del aula en el contexto propuesto, siendo consciente de que ello requiere sesiones de preparación previas y de continuación posteriores. Entre los ejemplos compartidos, se propuso utilizar trigonometría para calcular la altura de los árboles, así como la masa y la cantidad de carbono que contienen; se destacó la importancia del uso de textos que aborden cuestiones relacionadas con los jardines botánicos, su importancia en la educación ciudadana y su evolución a lo largo de la historia, entre otras.

En la siguiente sesión (punto 5), el trabajo en grupos en el jardín exterior se propone a través de un itinerario consensuado entre los asistentes y el equipo investigador que se concibe para tratar aspectos esenciales sobre el cambio climático a la vez

que reflexionar sobre la necesidad de conservar y proteger la biodiversidad vegetal, profundizando en la absoluta dependencia que el ser humano tiene de ecosistemas sanos y equilibrados (De Rivas, 2024). En cada parada se comentan los contenidos que se pueden tratar y las materias con las que se podrían vincular. Se pone de manifiesto que dichos contenidos son amplios y tienen un carácter interdisciplinar, por lo que cada docente en función del departamento didáctico y la materia que trabaja puede adaptarlos y abordarlos desde el punto de vista que interese y mejor se alinee con el currículo. Este marco facilita la posterior concreción y profundización en los equipos.

El trabajo en los grupos culmina con la elaboración de una propuesta para trabajar la ES y el cambio climático aprovechando la visita al jardín u otros espacios verdes accesibles para los centros educativos. Tras un tiempo de reflexión, cada equipo presenta su propuesta al resto de asistentes en un debate enriquecedor que evidencia la posibilidad y oportunidad de utilizar estos espacios para el tratamiento de la crisis global. Por ejemplo, un grupo del ámbito científico propuso una actividad para Física y Química de 3º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) con el objetivo de estimar cuántos jardines botánicos se necesitarían para absorber todo el CO₂ que genera la ciudad de Valencia. Otro de los grupos del ámbito lingüístico propuso una actividad dirigida a 1º de la ESO para vincular la conservación de la biodiversidad vegetal con la recuperación del patrimonio cultural de pueblos y comunidades. Al cierre de la sesión, varios asistentes manifestaron su compromiso de implementar sus propuestas durante el curso 2023-2024.

La última parte del curso se dedicó a sistematizar las ideas principales y conclusiones a las que se había ido llegando a lo largo de la jornada; en conjunto, se confirma la pertinencia y necesidad de incluir en la educación formal propuestas de intervención como las mencionadas, preferentemente fuera del aula y en espacios verdes, como son también los huertos escolares, recursos didácticos motivadores que contribuyen a generar entornos de aprendizaje útiles en la puesta en marcha de metodologías activas para la adquisición de competencias en materia de sostenibilidad. Estas propuestas deberán evaluarse tras su implementación en el marco de un proceso de reflexión, investigación e innovación orientado a responder de forma adecuada a las necesidades formativas del personal docente y al proceso de enseñanza-aprendizaje al que pretenden aportar valor.

Al finalizar se administra el cuestionario ya mencionado con el objetivo de evaluar la utilidad de la actividad de formación planteada, a la vez que recoger posibles sugerencias de mejora o reorientación. La Tabla 1 recoge las valoraciones de los tres primeros ítems (escala 1-10).

El ítem 4 destinado a recoger de forma abierta comentarios y sugerencias de los participantes, confirma las valoraciones numéricas tan positivas. A modo de ejemplo ilustrativo, se incluyen a continuación algunas observaciones:

“Dar recursos al profesorado para poder trabajar en las aulas el cambio climático desde las diferentes áreas/materias es imprescindible para generar un cambio en nuestra sociedad a través del alumnado. Me ha parecido un curso formativo muy interesante que

TABLA 1
RESULTADOS PARA LOS ÍTEMS 1, 2 Y 3 DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

N = 57	7	8	9	10
1. Valora de 1 a 10 de forma global el curso		10 %	30 %	60 %
2. Valora la metodología utilizada	10 %	10 %	10 %	70 %
3. Valora la utilidad del curso para comprender el papel del Jardín Botánico		5 %	15 %	80 %

Fuente: Elaboración propia

debería repetirse año a año ampliando sus contenidos y profundizando en cuestiones clave para mitigar la emergencia climática”.

“Creo que el jardín es un recurso inmejorable para trabajar cualquier disciplina. En él se pueden desarrollar infinidad de proyectos”.

“Creo que la información ha sido precisa y útil. Los especialistas han conseguido captar plenamente la atención y el trabajo en grupo muy acertado”.

“El trabajo en grupos me ha parecido interesante para darle forma a las ideas que nos han surgido a lo largo de la mañana y para fomentar el uso del Jardín y del contenido sobre el cambio climático en las diferentes asignaturas. Además, me ha parecido muy gratificante escuchar las respuestas del resto de grupos, especialmente al haber asignaturas tan dispares”.

6. ALGUNAS CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los resultados de esta investigación evidencian la oportunidad y el potencial del JBUV como recurso educativo clave en el marco de una ES con profesorado de secundaria. La integración de espacios verdes como este en procesos formativos no solo promueve el abordaje interdisciplinar de problemáticas urgentes, sino que además contribuye a una experiencia educativa significativa y transformadora. La participación del profesorado en la construcción de propuestas didácticas concretas -vinculadas a sus respectivas materias- se constata que favorece el desarrollo de nuevas miradas y enfoques didácticos centrados en la conexión con el entorno y el mundo natural.

La elevada valoración del curso por parte del profesorado participante, así como la variedad y riqueza de las propuestas elaboradas, permiten inferir que este tipo de intervenciones formativas puede contribuir significativamente al fortalecimiento de las competencias profesionales del profesorado en materia de sostenibilidad. Además, según indican los asistentes, la metodología activa, colaborativa y contextualizada ha mostrado que puede contribuir a generar implicación, motivación y compromiso con la transformación educativa que exige la

actual crisis global. Conviene señalar que el profesorado participante tenía, como es lógico, motivaciones e intereses de distinta naturaleza, lo que ha supuesto en ocasiones una dificultad y un reto en el trabajo que se estaba llevando a cabo en los cursos. Ahora bien, la falta de experiencias formativas previas en este ámbito sigue siendo un obstáculo, por lo que se refuerza la necesidad de ampliar y dar continuidad a este tipo de iniciativas tanto en la formación inicial como continua del profesorado.

Una de las aportaciones más relevantes de esta propuesta reside precisamente en su capacidad para facilitar una reconexión profunda con el mundo natural. La experiencia directa en un espacio como un jardín botánico trasciende la comprensión teórica de los contenidos abordados, promoviendo a la vez un vínculo emocional y afectivo con los ecosistemas de los que dependemos y formamos parte.

En conjunto, esta articulación entre teoría y práctica refuerza la coherencia del estudio y evidencia cómo la fundamentación conceptual orienta y sostiene cada componente de la experiencia formativa.

Desde una perspectiva de futuro, este trabajo abre diversas líneas de actuación e investigación. En primer lugar, se plantea la conveniencia de sistematizar y hacer seguimiento de las propuestas desarrolladas por los equipos docentes tras el curso, con el fin de evaluar su implementación en los centros educativos y el impacto en el alumnado. En segundo lugar, resulta imprescindible generar redes de colaboración entre jardines botánicos, universidades, administraciones educativas y centros escolares para consolidar una cultura favorable al uso de estos espacios como entornos de aprendizaje. Asimismo, sería de gran interés incorporar la perspectiva del alumnado en futuras investigaciones, para valorar su percepción y experiencia en relación con este tipo de enfoques.

En definitiva, esta investigación refuerza la idea de que los jardines botánicos no son únicamente reservorios de biodiversidad o espacios de contemplación, sino que pueden y deben convertirse en aliados estratégicos para la educación del siglo XXI. Su inclusión en programas de formación docente representa una oportunidad ineludible para avanzar hacia una escuela comprometida con los desafíos contemporáneos, integrando los ODS y los contenidos curriculares desde una perspectiva transformadora y situada.

FINANCIACIÓN

Agradecemos la colaboración del proyecto “Educación para el Cambio Climático y la Sostenibilidad, un estudio longitudinal de aprendizaje intergeneracional” PID2020-114358RB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 ERDF y del proyecto “Educación ambiental, cambio climático y sostenibilidad” RED2024-153630-T financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amórtégui, E., Mayoral, O., & Gavidia, V. (2017). Aportaciones de las Prácticas de Campo en la formación del profesorado de Biología: un problema de investigación y una revisión documental. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 32, 153–169. <https://doi.org/10.7203/dces.32.9940>
- Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2020). Plant blindness: a faddish research interest or a substantive impediment to achieve sustainable development goals? *Environmental Education Research*, 26(8), 1065–1087. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1768225>
- Beery, T., Chawla, L., & Levin, P. (2020). Being and becoming in nature: Defining and measuring connection to nature in young children. *International Journal of Early Childhood Environmental Education*, 7(3), 3–22.
- Buchanan, J. (2012). Sustainability education and teacher education: Finding a natural habitat? *Australian Journal of Environmental Education*, 28(2), 108–124. <https://www.jstor.org/stable/26422799>
- Bybee, R. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146–153. <https://doi.org/10.2307/4449248>
- Çakar, N. D., Gedikli, A., Erdoğan, S., & Yıldırım, D. Ç. (2021). Exploring the nexus between human capital and environmental degradation: The case of EU countries. *Journal of Environmental Management*, 295, 113057. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113057>
- Cebrián, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers views. *Sustainability*, 7(3), 2768–2786. <https://doi.org/10.3390/su7032768>
- Chalkley, B., & Sterling, S. (2011). Hard Times in Higher Education: The Closure of Subject Centres and the Implications for Education for Sustainable Development (ESD). *Sustainability*, 3(4), 666–677. <https://doi.org/10.3390/su3040666>
- Chu, L. K. (2022). Determinants of ecological footprint in OCED countries: do environmental-related technologies reduce environmental degradation? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 23779–23793. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17261-4>
- Collazo, L., & Geli, A. M. (2017). Avanzar en la educación para la sostenibilidad. Combinación de metodologías para trabajar el pensamiento crítico y autónomo, la reflexión y la capacidad de transformación del sistema. *Revista Iberoamericana de Educación*, 73, 131–154. <https://doi.org/10.35362/rie730295>
- Corney, G., & Reid, A. (2007). Student teachers' learning about subject matter and pedagogy in education for sustainable development. *Environmental Education Research*, 13(1), 33–54. <https://doi.org/10.1080/13504620601122632>
- Cramer, W., Guiot, J., & Fader, M. (Eds.). (2020). *Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report (MAR1)*. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, MedECC. <https://www.medecc.org/first-mediterranean-assessment-report-mar1/>
- De Rivas, R. (2024). *La Educación Secundaria frente al Cambio Climático y la Sostenibilidad: concepciones del alumnado y propuestas de intervención para la formación del profesorado en el marco de los ODS* [Tesis de doctorado, Universitat de València]. Roderic.

- De Rivas, R., Güemes, J., & Mayoral, O. (2024). Jardines botánicos, recurso didáctico y oportunidad ante la emergencia climática. En R. Borges y E. Martínez-García (Eds.), *Sostenibilidad curricular en ciencias y herramientas desde ingeniería. Las universidades como motor de cambio ecosocial: sostenibilización curricular* (pp. 255-273). Tirant Humanidades.
- De Rivas, R., Vilches, A., & Mayoral, O. (2025). Bridging the Gap: How Researcher-Teacher Collaboration Is Transforming Climate Change Education in Secondary Schools. *Sustainability*, 17(3), 908. <https://doi.org/10.3390/su17030908>
- Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., & Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366(6471), eaax3100. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Dodd, J., & Jones, C. (2010). *Redefining the role of botanic gardens: Towards a new social purpose*. Research Centre for Museums and Galleries (RCMG).
- Eberbach, C., & Crowley, K. (2017). From seeing to observing: How parents and children learn to see science in a botanical garden. *Journal of the Learning Sciences*, 26(4), 608-642. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1308867>
- Evans, N. (2020). What ought to be done to promote Education for Sustainability in teacher education? *Journal of Philosophy of Education*, 54(4), 817-824. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12482>
- Folke, C. (2013). Respetar los límites del planeta y recuperar la conexión con la biosfera. En The Worldwatch Institute (Ed.), *La situación del mundo 2013. ¿Es aún posible lograr la Sostenibilidad?* Icaria.
- García-González, E., Jiménez-Fontana, R., & Azcárate, P. (2020). Education for sustainability and the sustainable development goals: Pre-service teachers' perceptions and knowledge. *Sustainability*, 12(18), 7741. <https://doi.org/10.3390/su12187741>
- Geli, A. M., Junyent, M., & Arbat, E. (2005). La sostenibilidad en la formación inicial del profesorado: aplicación del modelo ACES. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra: VII Congreso. <https://www.blues.uab.es/~sice23/>
- Geli, A. M., & Terradellas, M. R. (2019). Formación de maestros mediante aprendizaje basado en retos y procesos de co-creación, en Ruiz-Herrera, N. Guillén-Riquelme, A., Guillot-Valdés, M. (Coords.), *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo*. AEPC.
- 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://dx.doi.org/10.14201/teoredu29179100>
- Gil Pérez, D., & Vilches, A. (2023). Cómo avanzar en la necesaria transición a la Sostenibilidad. *Ciência & Educação*, 23, e23027, <https://doi.org/10.1590/1516-731320230027>
- Hewitt, G. M. (2011). Mediterranean peninsulas: the evolution of hotspots. In *Biodiversity hotspots* (123-147). Springer.
- Heyd, T. (2006). Thinking through botanic gardens. *Environmental Values*, 15(2), 197-212. <https://www.jstor.org/stable/30302159>
- Holm, T., Sammalisto, K., Grindsted, T., & Vuorisalo, T. (2015). Process framework for identifying sustainability aspects in university curricula and integrating education for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 106, 164-174.
- IUCN. (2023). The IUCN *Red List of Threatened Species*. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>

- López-Fernández, C., Paños, E., & Ruiz-Gallardo, J. R. (2024). Responsible consumers are made, not born: a clothing secondhand market experience in two Spanish high schools. *The Journal of Environmental Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/00958964.2023.2300447>
- Lugg, A. (2007). Developing sustainability-literate citizens through outdoor learning: Possibilities for outdoor education in higher education. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 7(2), 97–112. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1080/14729670701609456>
- Mayoral, O. (2019). Las plantas como recurso didáctico. La Botánica en la enseñanza de las Ciencias. *Flora Montiberica*, (73), 93-99.
- Medir, R. M., Heras, R., & Geli, A. M. (2014). Guiding documents for environmental education centers: an analysis in the Spanish context, *Environmental Education Research*, 20(5), 680–694. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.833590>
- Miller, H., & Derewnicka, L. (2019). Citizen science. *Roots*, 16, 4–5.
- Murga-Menoyo, M. Á., & 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/teoredu20172915578>
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Puig i Bager, J., & Casas Jericó, M. (2017). El impacto ambiental: Un despertar ético valioso para la educación. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 29(1), 101–128. <https://doi.org/10.14201/teoredu2017291101128>
- Rockström, J., Donges, J. F., Fetzer, I., Martin, M. A., Wang-Erlandsson, L., & Richardson, K. (2024). Planetary Boundaries guide humanity's future on Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(11), 773–788. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00597-z>
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Sellmann, D. (2014). Environmental education on climate change in a botanical garden: adolescents' knowledge, attitudes and conceptions. *Environmental Education Research*, 20(2), 286–287. <https://doi.org/10.1080/13504622.2013.870130>
- Sellmann, D., & Bogner, F. X. (2013). Climate change education: Quantitatively assessing the impact of a botanical garden as an informal learning environment. *Environmental Education Research*, 19(4), 415–429. <https://doi.org/10.1080/13504622.2012.700696>
- Solís, C., & Valderrama, R. (2015). La educación para la sostenibilidad en la formación de profesorado. ¿Qué estamos haciendo? *Foro de Educación*, 13(19), 165–192.
- Suárez-López, R., & Eugenio, M. (2018). Wild botanic gardens as valuable resources for innovative environmental education programmes in Latin America. *Environmental Education Research*, 24(8), 1102–1114. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1469117>
- Summers, M., Childs, A., & Corney, G. (2005). Education for sustainable development in initial teacher training: Issues for interdisciplinary collaboration. *Environmental Education Research*, 11(5), 623–647. <https://doi.org/10.1080/13504620500169841>

- Tilbury, D. (2007). Learning based change for sustainability: perspectives and pathways. En *Social learning towards a sustainable world*. Leiden, The Netherlands: Wageningen Academic, 117–131. https://doi.org/10.3920/9789086865949_009
- Timm, J. M., & Barth, M. (2021). Making education for sustainable development happen in elementary schools: The role of teachers. *Environmental Education Research*, 27(1), 50–66. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1813256>
- UNESCO. (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://doi.org/10.54675/CGBA9153>
- Vergou, A., & Willison, J. (2016). Relating social inclusion and environmental issues in botanic gardens. *Environmental Education Research*, 22(1), 21–42. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.984161>
- Vilches, A., & Gil Pérez, D. (2012). La educación para la sostenibilidad en la universidad: el reto de la formación del profesorado, *Profesorado*, 16(2), 25–43. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev162ART3.pdf>
- Waltner, E. M., Scharenberg, K., Hörsch, C., & Rieß, W. (2020). What teachers think and know about education for sustainable development and how they implement it in class. *Sustainability*, 12(4), 1690. <https://doi.org/10.3390/su12041690>
- Werler, T. C. & Tahirsylaj, A. (2022). Differences in teacher education programmes and their outcomes across Didaktik and curriculum traditions. *European Journal of Teacher Education*, 45(2), 154–172, <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827388>
- Williams, S. J., Jones, J. P., Gibbons, J. M., & Clubbe, C. (2015). Botanic gardens can positively influence visitors' environmental attitudes. *Biodiversity and conservation*, 24, 1609–1620. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0879-7>
- Zelenika, I., Moreau, T., Lane, O., & Zhao, J. (2018). Sustainability education in a botanical garden promotes environmental knowledge, attitudes and willingness to act. *Environmental Education Research*, 24(11), 1581–1596. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1492705>