

¿Aquí solo hay matojos? Diseño de una secuencia de actividades para alumnado de secundaria a través de un itinerario didáctico en un entorno semiárido

Francisco López-de-Haro 

Universidad de Almería, RNM-344, España. flopharo@inlumine.ual.es

Juan Francisco Mota Poveda 

Universidad de Almería, CECOUAL, RNM-344, España. jmota@ual.es

María Martínez-Chico 

Universidad de Almería, SEJ-615, España. mcm282@ual.es

[Recibido: 04 junio 2025, Revisado: 30 julio 2025, Aprobado: 15 noviembre 2025]

Resumen: Los itinerarios didácticos en el medio natural tienen un considerable potencial educativo y este trabajo se centra en su utilización en una propuesta educativa que promueve el aprendizaje interdisciplinar de alumnado de secundaria en un entorno semiárido. Su elaboración ha sido producto del proceso que se describe, enmarcado en la *Investigación Basada en el Diseño*, y que dio lugar a ciclos de diseño y rediseño de acuerdo con la información recogida mediante la evaluación con diversos instrumentos a lo largo de 11 iteraciones. El resultado ha sido la secuencia de actividades que se describe junto con los fundamentos en los que se apoya. La secuencia comienza con un juego de rol en el que se plantea el dilema del desarrollo de una urbanización vs. conservación de un entorno que, a priori, suele resultar poco atractivo y de escaso valor por estar emplazado en una zona semiárida. La necesidad de una decisión fundamentada lleva a la determinación de estudiar los valores naturales *in situ*, algo que se realiza a través del itinerario didáctico. Las actividades de la secuencia, orientadas sobre todo al desarrollo de conocimientos científicos de ciencias naturales, conceden al alumnado un papel protagonista en la realización de observaciones, recogida y análisis de información. Todas ellas son actividades necesarias para dar respuesta a las preguntas que guían y dan sentido a la secuencia. Finalmente aportamos unas consideraciones finales a modo de *teorías humildes*, implicaciones didácticas y reflexiones sobre su viabilidad y transferibilidad a otros contextos.

Palabras clave: Biodiversidad; Desertificación; Ecosistemas; Investigación Basada en el Diseño; Salida de campo; Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje.

Is it just scrubland? Designing a sequence of activities for secondary school students through an educational field trip in a semi-arid environment

Abstract: Educational field trips in natural environments have considerable didactic potential, and this work focuses on their use within an educational proposal that promotes interdisciplinary learning for secondary school students in a semi-arid environment. Its development has resulted from the process described, framed within Design-Based Research, which led to cycles of design and redesign based on information gathered through evaluation with various instruments across 11 iterations. The outcome is a sequence of activities described along with the underlying principles. The sequence begins with a role-playing game that presents the dilemma of developing a housing complex versus conserving an environment that is, at first glance, often perceived as unattractive and of little value due to its location in a semi-arid area. The need for a well-founded decision led to the determination to study the natural values *in situ*, which is carried out through the didactic itinerary. The activities in the sequence, mainly aimed at developing scientific knowledge in natural sciences, assign students a leading role in making observations, collecting, and analyzing information — all of which are necessary to answer the guiding questions that give purpose to the sequence. Finally, we provide some concluding considerations in the form of humble learning theories, didactic implications, and reflections on its feasibility and transferability to other contexts.

Keywords: Biodiversity; Desertification; Ecosystems; Design-Based Research; Field trip; Teaching-Learning Sequence.

Para citar este artículo: López-de-Haro, F., Mota Poveda, J. F. y Martínez-Chico, M. (2026) ¿Aquí solo hay matojos? Diseño de una secuencia de actividades para alumnado de secundaria a través de un itinerario didáctico en un entorno semiárido. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1802. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1802

Introducción

El potencial de los itinerarios didácticos en el medio natural (también denominados salidas de campo) para contribuir al aprendizaje de ideas o contenidos científicos y de procedimientos propios de la ciencia, así como potenciar valores y actitudes positivas hacia la ciencia y la conservación del medio, ha sido ampliamente reconocido por la investigación didáctica (Pedrinaci, 2012; Behrendt y Franklin, 2014; Tal et al., 2014; Aguilera, 2018). Este potencial radica en las posibilidades que las salidas de campo ofrecen para alcanzar objetivos que son prioritarios para la enseñanza de las ciencias (Aguilera, 2018): proporcionan experiencias educativas con impacto positivo en el ámbito afectivo (Rickinson et al., 2004); ayudan a contextualizar el contenido trabajado en el mundo real, permitiendo su aplicación y visibilizando su utilidad (Braund y Reiss, 2006); facilitan que se establezcan conexiones CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), contribuyendo al desarrollo de una ciudadanía más activa (Pedretti, 2003); permiten al alumnado interactuar directamente con los fenómenos asociados a los contenidos trabajados, fomentando la curiosidad a través de una actitud investigativa (Allen, 2004); mejoran la motivación al asumir un papel activo cuando indagan, aumentando el interés hacia la ciencia (Behrendt y Franklin, 2014) y potenciando la valoración del entorno inmediato y las actitudes proambientales (López-de-Haro y Segura, 2013).

Resulta llamativo que, a pesar de este potencial y de ser una herramienta muy bien valorada por el profesorado, la salida de campo sea realizada sólo de forma esporádica (Pedrinaci, 2012) o incluso no se realice nunca (Zamalloa et al., 2014; Cortés et al., 2012). Sin ahondar en los motivos de esta contradicción que quedan fuera del control de los y las docentes (como la falta de apoyo de la administración, la responsabilidad civil asumida, la rigidez en los centros o la elevada ratio docente-estudiante), en este trabajo abordamos aquellos a los que sí podemos contribuir, centrados en limitaciones como la escasez de materiales didácticos y el tiempo de preparación que exigen (Pedrinaci, 2012; Zamalloa et al., 2014).

La principal contribución de este trabajo es describir y fundamentar el diseño de un itinerario didáctico operativizado a través de una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje (SEA), que según Meheut y Psillos (2004) funciona como actividad de investigación intervencionista y a la vez es un producto didáctico. Para llegar a este producto, en el marco de la Investigación Basada en el Diseño (IBD), nos hemos apoyado en lo que se han denominado *principios epistémicos* (Guisasola, 2024): explicitar las asunciones teóricas que han guiado la toma de decisiones sobre estrategias de enseñanza y la concreción en actividades (Cobb et al., 2003; Barab y Squire, 2004), ya que no solo se busca mejorar aspectos específicos de la enseñanza, sino también generar conocimientos con potencial de transferencia (Design-Based Research Collective, 2003; Guisasola et al., 2021); realizar la investigación mediante experimentos de enseñanza iterativos (Brown, 1992; Kelly et al., 2014); y medir cambios en el aprendizaje del alumnado, priorizando la aplicabilidad e impacto real en las aulas, en consonancia con el compromiso epistémico pragmático característico de la IBD (Couso, 2016).

Otro aspecto característico de la IBD es que el problema debe conectarse con los retos y dificultades encontrados en las prácticas de aula. Por ello, en esta investigación, el

problema de la escasez (y necesidad) de materiales didácticos sobre itinerarios se ha articulado, entre otros retos, con los derivados de las exigencias competenciales propias del entorno académico en que nos situamos (Educación Secundaria Obligatoria, en adelante ESO), que persiguen:

... la comprensión y explicación del entorno natural y social, utilizando un conjunto de conocimientos y metodologías, incluidas la observación y la experimentación, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas para poder interpretar y transformar el mundo natural y el contexto social. (RD 217/2022, p. 29).

Esta importancia de plantear preguntas que promuevan la expresión y discusión de ideas y la construcción de explicaciones basadas en pruebas, ha sido también ampliamente destacada por la investigación didáctica (Garrido y Couso, 2013; Martínez-Chico et al., 2015; Jiménez Liso et al., 2020). En este sentido, los itinerarios didácticos, previa operativización en forma de SEA, pueden ser una inmejorable oportunidad para que el alumnado practique ciencia (Uskola et al., 2022), como hemos podido experimentar con el diseño que presentamos, determinado por los objetivos que incluimos a continuación.

Objetivos

El objetivo general de esta investigación se ha centrado en el diseño de una propuesta de itinerario didáctico para primer curso de ESO, para lo que abordamos una triple demanda: 1) utilizar una controversia socio-científica (CSC) como detonante, 2) un entorno semiárido como contexto y eje central para estructurar las actividades, y 3) integrar los conocimientos científicos a aprender sobre algunos aspectos de la desertificación, la biodiversidad, los ecosistemas y el efecto de la acción humana, teniendo presente aspectos competenciales.

En concreto, en este trabajo pretendemos describir la SEA diseñada y mostrar la síntesis del proceso seguido hasta la versión actual, explicitando las suposiciones teóricas que han guiado la elección de estrategias didácticas que, a su vez, han derivado en las actividades finalmente propuestas. Por otro lado, reflexionamos, a partir de los resultados, sobre la viabilidad de la SEA diseñada, su relación con el contexto y las posibilidades de aplicación en otros contextos, así como la retroalimentación a la teoría base utilizada para el diseño que podemos aportar.

Fundamentos teóricos

En este apartado mostramos las asunciones teóricas y los fundamentos didácticos que han orientado algunas de las decisiones sobre las estrategias de enseñanza y la concreción de las actividades de la SEA (Design-based research collective, 2003; Cobb et al., 2003).

El diseño de itinerarios didácticos

Los itinerarios didácticos destacan por su potencial didáctico y su capacidad para promover un aprendizaje activo y contextualizado (Dillon et al., 2006; Behrendt y Franklin, 2014). Sin embargo, el éxito de estas actividades depende en gran medida de la calidad de su diseño. Por ello resulta prioritario tener en consideración aquellas características asociadas a propuestas con resultados exitosos.

Si analizamos las publicaciones sobre salidas de campo, encontramos más trabajos sobre lo que no funciona que sobre lo que sí (Tal et al., 2014). Una estrategia que ha sido destacada

por su ineficacia es la eliminación de la estructura y guía en la enseñanza, dejando al alumnado que realice un supuesto descubrimiento autónomo (Pedrinaci, 2012). Las indagaciones en las que el alumnado decide qué investigar y cómo hacerlo (indagaciones abiertas) producen resultados de aprendizaje inferiores a la de las indagaciones guiadas (Kirschner et al., 2006; Furtak et al., 2012; Minner et al., 2010). De ahí la importancia de la organización y guía en las propuestas educativas, en consonancia con el énfasis en la actividad como elemento estructurante de las salidas de campo (Tal et al., 2014). Este enfoque, que sitúa la actividad como eje central de la enseñanza, ha sido ampliamente respaldado por la investigación en Didáctica de las Ciencias (López-Gay et al., 2020) y el diseño de SEAs constituye un eslabón clave en la educación científica, que integra actividades de enseñanza y aprendizaje adaptadas a las características del alumnado (Guisasola et al., 2021; Méheut y Psillos, 2004). Estas actividades de campo no deben ser experiencias aisladas, sino que formen parte de un proceso de aprendizaje estructurado y coherente (SEA), y es importante que sea diseñado y evaluado de forma iterativa y esté contextualizado en entornos reales (Guisasola et al., 2021).

Contenidos científicos y dificultades asociadas a su aprendizaje

Esta investigación, como toda IBD, se ha centrado en la enseñanza y los problemas de aprendizaje en un contexto específico. Por ello, además de analizar el contexto más adelante, aquí abordamos las metas de aprendizaje, así como las concepciones y dificultades asociadas. En su elección se ha tenido en cuenta la necesaria integración de la educación científica y ambiental para afrontar los actuales desafíos de la humanidad, que han situado a la alfabetización científica como un objetivo internacional clave (Organization for Economic Co-operation and Development [OCDE], 2016). En este sentido, la educación ambiental tiene en cuenta, además de los conocimientos, los cambios de actitudes y conductas, el tratamiento de los conflictos y la capacitación para la acción por el cambio (Novo, 2009). Esto coincide con interpretaciones o enfoques más recientes como la educación para la sostenibilidad (Jeronen et al., 2024; Perales, 2023) y la educación ecosocial (Assadourian, 2017). Asimismo, el marco europeo de competencias sobre sostenibilidad de la Comisión Europea (European Commission. Joint Research Centre., 2022) señala como meta del aprendizaje que el alumnado desarrolle conocimientos, habilidades y actitudes que los ayuden a convertirse en agentes de cambio para contribuir a un futuro dentro de los límites planetarios.

Aunque en las diferentes iteraciones se han abordado contenidos de diversas disciplinas, para este artículo se han seleccionado aquellos que están más relacionados con la Biología y Geología (Tabla 1). El tratamiento de estos contenidos pretende su conexión con las experiencias y el contexto del alumnado (Romero-Ariza, 2014). Se trata, por tanto, de un conocimiento aplicado, alejado de las definiciones descontextualizadas y del uso de ejemplos exóticos o lejanos. Todos los procesos, especies y fenómenos se refieren al entorno próximo del alumnado. Esta perspectiva competencial nos ha llevado a incorporar, además de ideas y modelos, prácticas científicas escolares, demanda destacada desde la investigación didáctica (Jiménez-Liso et al., 2020; López-Gay et al. 2020).

Tabla 1. Contenidos científicos trabajados en esta SEA.

Temática	Ideas y conceptos	Procedimientos y prácticas científicas
Suelos, erosión y desertificación	<p>Los suelos: formación, textura (granulometría), permeabilidad y perfil (horizontes) (GEO1)</p> <p>Erosión, transporte y sedimentación y su relación con sucesos concretos (GEO2)</p> <p>Identificación de formaciones geológicas (GEO3)</p> <p>Papel de la vegetación en la protección de los suelos y como freno de la erosión y la desertificación (GEO4)</p> <p>Efectos de la desertificación</p> <p>Influencia humana en los procesos de erosión y desertificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones humanas que aceleran la erosión de los suelos (GEO5) - Acciones humanas que ayudan a combatir la erosión y al aprovechamiento de aguas en entornos semiáridos (GEO6) 	<p>Observación e identificación sobre el terreno de procesos y formaciones geológicas (CIE1)</p> <p>Técnicas caseras de laboratorio para el análisis de características edafológicas (CIE2)</p> <p>Formulación de hipótesis (CIE10)</p> <p>Diseño de procedimientos probatorios (CIE11)</p> <p>Toma de datos y muestras (CIE12)</p> <p>Análisis de observaciones y datos (CIE13)</p> <p>Obtención de conclusiones (CIE14)</p> <p>Trabajo en equipo (CIE15)</p> <p>Comunicación científica, redacción de informes (CIE16)</p> <p>Competencia ambiental (CIE17)^a</p>
Biodiversidad	<p>Concepto de biodiversidad (BIO1)</p> <p>Conocimiento de los problemas que afectan a la biodiversidad y las causas de la extinción de especies (BIO2)</p> <p>Valoración de la importancia y la necesidad de protección de la biodiversidad (BIO3)</p> <p>Conocimiento e identificación de algunas especies de flora y fauna características (BIO4)</p> <p>Adaptación de las plantas al estrés hídrico (BIO5)</p> <p>Especies singulares y vocabulario asociado: iberoafricanismo, endemismo... (BIO6)</p> <p>Servicios de la biodiversidad a la humanidad (BIO7)</p>	<p>Identificación de especies de aves sobre el terreno usando guías adaptadas (CIE3)</p> <p>Observación de huellas y rastros (CIE4)</p> <p>Observación plurisensorial (CIE5)</p> <p>Uso de claves dicotómicas adaptadas para clasificar plantas (CIE6)</p> <p>Introducción al uso de aplicaciones naturalistas y la participación en proyectos de ciencia ciudadana (CIE7)</p>
Ecología	<p>Diferenciación de distintos tipos de ecosistemas (ECO1)</p> <p>Descripción de los componentes de un ecosistema (ECO2)</p> <p>Relaciones biotopo-biocenosis (ECO3)</p> <p>Adaptaciones de las especies a los factores físicos (ECO4)</p> <p>Identificación de relaciones inter e intraespecíficas (ECO5)</p> <p>Asignación de especies a cada uno de los niveles tróficos (ECO6)</p> <p>Representación de cadenas tróficas (ECO7)</p> <p>Representación de redes tróficas sencillas (ECO8)</p> <p>Impactos humanos en los ecosistemas (ECO9)</p>	<p>Uso de tablas, gráficas y esquemas para representar y analizar datos (CIE8)</p> <p>Iniciación al control de variables (CIE9)</p>

Nota. ^a De acuerdo con la propuesta Greencomp de la Comisión Europea (2022), se incluye esta idea para destacar que, además de conocimientos y habilidades, el alumnado debe desarrollar actitudes que le lleven a convertirse en agentes de cambio hacia la sostenibilidad.

Estos contenidos se han agrupado en tres bloques interrelacionados: suelos y desertificación (GEO); biodiversidad (BIO) y ecosistemas (ECO), con el impacto ambiental humano como eje transversal, contribuyendo con su enseñanza a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4.7, educación para el desarrollo sostenible y ODS 15, vida de ecosistemas terrestres). Se han adaptado a los currículos vigentes en cada diseño y rediseño, a través de su traducción en propuestas concretas (Rodríguez y Blanco, 2021).

La decisión de abordar estos contenidos se apoya, además de en el argumento curricular, en la existencia de concepciones alternativas y dificultades asociadas a su aprendizaje. El alumnado suele tener una comprensión limitada de las complejas interacciones tróficas que se dan en un ecosistema, apareciendo dificultades para entender cómo interactúan productores, consumidores y descomponedores (Hokayem y Gotwals, 2016). Al respecto, García (2003) propone una hipótesis de progresión para la noción de ecosistema en la que el alumnado transita desde una concepción aditiva del ecosistema, como la suma de sus elementos más evidentes y escaso reconocimiento de sus relaciones, hacia una red trófica flexible, en la que se reconoce al ecosistema como una organización compleja, con interacciones entre sus elementos y un equilibrio dinámico.

En lo que respecta a la biodiversidad, la concepción que se tiene suele asociarse simplemente a la variedad de especies animales y vegetales, sin considerar la diversidad genética y de ecosistemas, lo que puede limitar la comprensión de su valor e importancia (De la Cruz y Pérez, 2020). Por otro lado, se tiende a valorar la biodiversidad principalmente por sus beneficios directos o valor utilitario, sin reconocer su valor intrínseco ni su papel en la estabilidad ecológica (Lindemann-Matthies y Bose, 2008).

La desertificación es otra de las temáticas abordadas, entendida como un proceso de pérdida de suelo y diversidad por causas antropogénicas. Es frecuente que se confundan las zonas desertificadas con los desiertos *naturales*, de origen exclusivamente climático (Martínez-Valderrama et al., 2020), que albergan una valiosa biodiversidad y valores naturales. Además, el alumnado suele atribuir el origen de la desertificación a causas naturales como el cambio climático o la arena arrastrada por el viento desde desiertos cercanos (Schubert, 2015).

Sobre el impacto de la acción humana, suele subestimarse, existiendo, además, una tendencia a no relacionar las acciones individuales con los problemas ambientales globales, lo que puede dificultar la comprensión de los intentos de sostenibilidad (Shepardson et al., 2017).

La enseñanza sobre desertificación, ecosistemas y biodiversidad requiere integrar conceptos de diversas disciplinas, lo que puede resultar algo complejo para estudiantes y docentes (Moore et al., 2020). Asimismo, la general necesidad de contextualización y relación con la vida cotidiana se ve aquí acentuada porque mejora la motivación y la comprensión de los conceptos y su aplicación, una de las dificultades del alumnado, junto con la de no ver la relevancia de los conceptos ecológicos en su vida diaria, a pesar de la importancia de que comprendan los procesos ecosistémicos y los efectos de las influencias externas en su conservación (Mambrey et al., 2022).

Se han identificado otros factores que influyen en la eficacia de los itinerarios didácticos y deben ser considerados previamente al diseño e implementación de las actividades (DeWitt y Storksdieck, 2008). Estos son el contexto seleccionado; el seguimiento posterior y la integración con el currículo escolar (Orion y Hofstein, 1994); las decisiones didácticas y el enfoque adoptado; el contenido de las paradas a realizar, su duración y número; o la

familiarización del grupo con el lugar. Otros aspectos destacados por Pedrinaci (2012) son: administrar adecuadamente la información para facilitar la contextualización, evitar la impresión de que solo hay una única solución obvia (que podría desmotivar al alumnado) y la necesidad de que la salida no se limite al tiempo en el campo, sino que incluya actividades previas y posteriores.

Los entornos semiáridos como contexto

La inclusión de competencias en los currículos tiene entre sus objetivos facilitar que los estudiantes integren sus aprendizajes, conecten los diversos tipos de contenidos y los utilicen de manera efectiva en diferentes contextos (Sanmartí, 2008). La selección de estos contextos se convierte, por tanto, en una fase crucial en el proceso de diseño de la enseñanza (Rodríguez y Blanco, 2021).

El contexto elegido es un entorno semiárido, paisaje dominante en la zona del centro escolar donde se desarrolló la investigación. Se trata de ambientes habitualmente infravalorados e incluso rechazados por la población (Mota et al., 2004; García-Llorente et al., 2012; Mendoza-Fernández et al., 2014), a pesar de albergar una parte crucial de la biodiversidad global y proporcionar servicios ecosistémicos esenciales (Esteve y Calvo, 2000; Delgado-Baquerizo et al., 2016; Garland et al., 2020). Esto es especialmente relevante si consideramos que la crisis de la biodiversidad es probablemente la principal amenaza para nuestro futuro (Folke et al., 2021) y que las zonas semiáridas ocupan el 41% de la superficie terrestre (Adeel y World Resources Institute, 2005). Además, la fragilidad de estos hábitats ante eventos naturales o antrópicos hace que implementar medidas de protección y conservación de su biodiversidad sea una prioridad (Maestre et al., 2012), no exenta de conflictos sociales (Mota et al., 1996; McNeely, 2003; Cortés-Vázquez, 2014).

Una controversia socio-científica como detonante

Es habitual el uso de contextos de problemáticas ambientales para fomentar la conciencia ambiental (Puig y Evagorou, 2020; Cruz et al., 2020) por las oportunidades que ofrecen de cara a contribuir a la educación de una ciudadanía crítica que sea capaz de encontrar soluciones a problemas complejos propios de los desafíos globales del siglo XXI (Dillon y Avramidou, 2020). Como sugiere Sadler et al. (2017), hemos partido de una CSC al plantear la posible urbanización de una zona en un entorno semiárido de *dudoso* valor para ser conservada. Esto sirve de contexto y detonante de la secuencia, dando sentido al itinerario didáctico y ayudando a la construcción de conocimiento científico alrededor de temas controvertidos, que a su vez pueden fomentar el pensamiento crítico y el activismo sociopolítico (Reis, 2013). En la SEA que nos ocupa incorporamos el juego de rol como estrategia metodológica para abordar este problema socio-científico (Cruz et al., 2020), ya que estos pueden aumentar el interés por aprender, requerir participación multidisciplinaria, exigir toma de decisiones y enfocarse en el futuro, al permitir a los y las participantes tomar decisiones sobre problemas reales, observar sus consecuencias y ajustar las decisiones (Matas, 2008).

Metodología

Marco metodológico

Este trabajo se enmarca en la IBD, una metodología que contempla el diseño, implementación y evaluación de SEAs como investigaciones intervencionistas que contribuyen a la generación de conocimiento didáctico (Kortland y Klaassen, 2010). Se caracteriza principalmente por tener como objetivo una intervención en un contexto

educativo real; estar orientada por la teoría, de manera que las evidencias obtenidas contribuyan a generar y/o apoyar teorías *humildes*; incorporar iteraciones, tratándose de un proceso cíclico de diseño, evaluación y rediseño; así como orientarse a la practicidad, aportando un diseño que resulte útil para el profesorado en contextos reales (Guisasola et al., 2021).

La investigación de diseño en este trabajo se encuentra más cercana al enfoque etnográfico (Guisasola, 2024) pues reconoce la complejidad de los entornos educativos, se preocupa por cómo y por qué se realiza el diseño e implica al profesorado en compartirlo en el contexto donde se implementará (Barab y Kirsher, 2001), siendo en este caso el docente-diseñador (primer autor) parte responsable de la implementación y de los procesos de evaluación.

Uno de los resultados de la IBD es el propio «artefacto didáctico» que es objeto de investigación (Guisasola y Oliva, 2020). En este trabajo hemos generado como producto una SEA para alumnado de secundaria, que parte de un juego de rol e incluye un itinerario didáctico en un entorno semiárido. En las implementaciones iterativas en el aula se han ido evaluando las diferentes versiones de los diseños a través de evidencias de su posible efectividad y la correspondiente reflexión sobre los resultados de la implementación (Kelly et al., 2014).

Además de lo expuesto en el apartado *Fundamentos teóricos*, asumimos una visión socio-constructivista del aprendizaje (Driver et al., 1994) y la forma de abordar el diseño de la enseñanza responde al modelo guiado por objetivos de aprendizaje de Reiser (2022).

Fase preliminar y primer diseño

Para elaborar la primera versión de la SEA producto de esta investigación fueron necesarias varias salidas de campo. En una primera fase, realizamos un inventario de los lugares, elementos, procesos y puntos de interés que ofrecían oportunidades educativas. En interpretación ambiental (educación no formal), estos son conocidos como *rasgos con potencial interpretativo* (Morales, 1998), mientras que en la educación formal se han denominado *Puntos de Interés Didáctico* (PIDs) (Rodríguez y Perán, 2020). Aunque existen diferencias en la estructura, objetivos y contexto entre ambos enfoques, el diseño de este itinerario didáctico se ha beneficiado de las aportaciones de los dos, puesto que, aunque la SEA descrita se ha desarrollado para un contexto de educación formal, busca despertar una reacción en el alumnado, alineándose con el enfoque de provocación propuesto por Tilden (1957), padre de la interpretación ambiental, que pretende crear conexiones tanto intelectuales como emocionales, logrando que el alumnado aprecie y disfrute la zona visitada (Morales y Ham, 2008) y, en consecuencia, desarrolle actitudes positivas hacia su conservación.

Autores como Badaraco y Scull (1978) proponen una serie de criterios para seleccionar y valorar los *rasgos con potencial interpretativo*, y Martín (2016) hace lo propio para los PIDs. Basándose en ellos, pero teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, se hizo una adaptación, estableciendo criterios específicos para la selección de lo que, desde una visión integradora, hemos denominado *Rasgos con Potencial Educativo* (RPE). Esta selección fue fundamental para el establecimiento de las paradas del recorrido, y los criterios utilizados fueron: consideraciones logísticas y organizativas (proximidad al recorrido, espacio para las actividades, facilidad de acceso), seguridad, relevancia ecológica, singularidad, atractivo, resistencia al impacto (vulnerabilidad del RPE), potencial para desarrollar contenidos curriculares y adecuación al nivel del alumnado. Esta

fase y el resto del proceso seguido para el diseño de la primera versión de la SEA está representado en la Figura 1.



Figura 1. Proceso desarrollado en la fase previa y primera versión de la SEA.

Ciclos de Diseño - Implementación - Análisis - Rediseño

Tras esta primera fase se llevaron a cabo 11 ciclos de diseño, implementación y análisis, a lo largo de otros tantos cursos académicos. En las diferentes iteraciones se fue recogiendo información que era utilizada para ir mejorando la propuesta. Además de estas mejoras, se fueron incorporando cambios normativos, el uso de nuevos recursos didácticos, de nuevos RPE... que contribuyeron a configurar la versión actual de la SEA que aquí se presenta. Destacar también que, en otra investigación (con otros objetivos) la SEA fue implementada con grupos de otros centros educativos del levante almeriense y por otros/as docentes. Esto permitió comprobar la aplicabilidad de la SEA en otros contextos y con un número mayor de alumnos/as.

En la Figura 2 se representa de forma esquemática el proceso de diseño de la SEA, concretando los momentos destacables de los experimentos de enseñanza (Brown, 1992; Kelly et al., 2014), así como las principales modificaciones incorporadas en cada nueva versión del diseño. La obtención de información ha sido posible gracias al diseño e implementación de instrumentos tales como el diario docente, cuestionarios sobre contenidos científicos, producciones del alumnado (como el informe de síntesis y reflexión final), una escala Likert de valoración del alumnado de los instrumentos y estrategias didácticas empleadas, y una escala de actitudes basada en imágenes (López-de-Haro et al., 2023). Estos instrumentos se representan en la Figura 2 mediante iconos, y la información incluida en ella se complementa en la Tabla 2. A partir de los datos recabados, se fueron introduciendo mejoras en la SEA como la simplificación de los listados de especies en el cuaderno de campo, introducción de actividades complementarias en la A.34, refinamiento del informe-síntesis final, duración del recorrido... Una descripción más detallada de los instrumentos de evaluación, y de cómo la información obtenida fue utilizada para mejorar el diseño de la SEA, puede verse en el documento [Datos y reflexiones para la evaluación de la secuencia de actividades ¿Aquí solo hay matojos?](#)

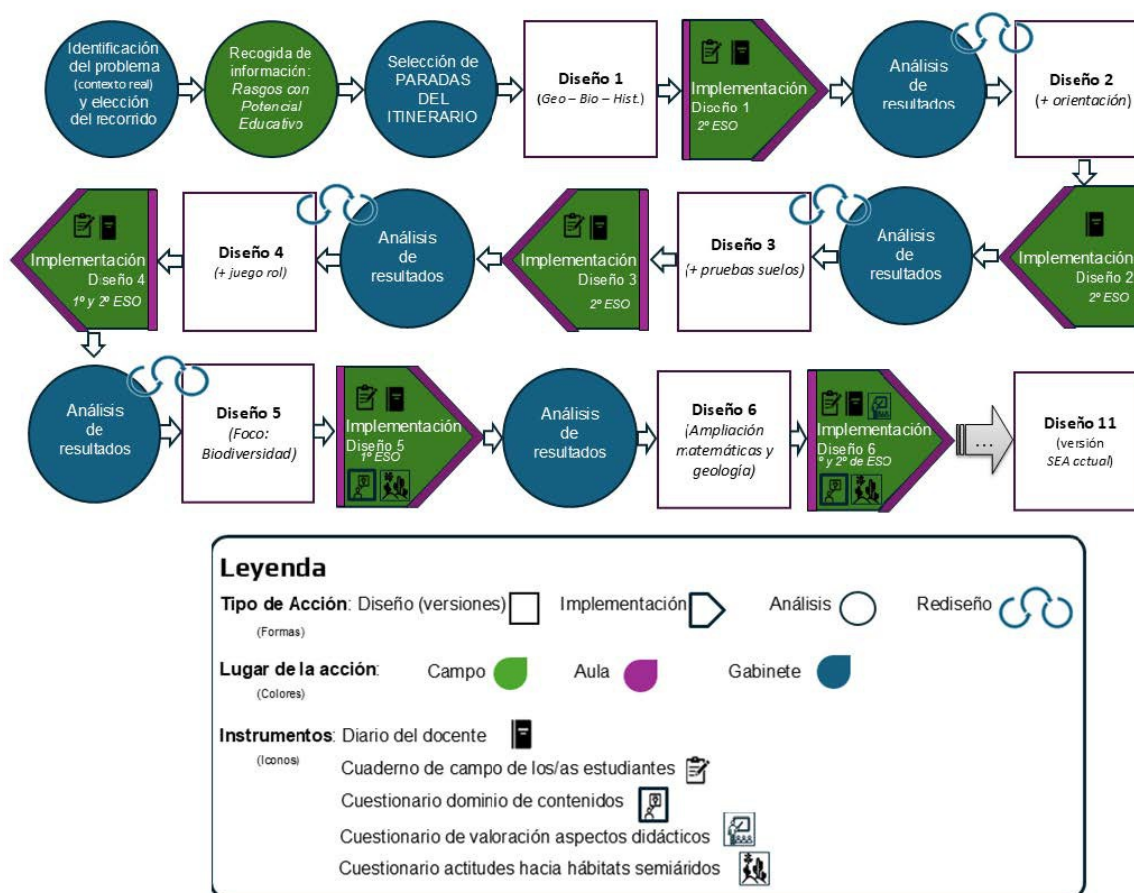


Figura 2. Esquema del proceso de diseño, implementación, evaluación y rediseño de la SEA.

Contexto y participantes

En la IBD se pretende desarrollar teorías y soluciones educativas en escenarios reales que aseguren su aplicabilidad (Barab y Squire, 2004), por lo que definir el contexto es esencial. En el caso de esta propuesta, el diseño e implementación se han realizado en el Colegio Ntra. Sra. del Rosario de Guazamara, en la provincia de Almería (España). Este centro, y el entorno donde se desarrolla la salida al campo, se ubican en una zona rural del sureste semiárido de la Península Ibérica, a unos 8 km de la línea costera, con un paisaje en el que alternan badlands, ramblas, zonas de matorral y cultivos, con presencia de algún bosquecillo de pinos en las sierras calizas cercanas. Domina el hábitat disperso, con numerosas cortijadas y algunos núcleos de población que no superan los 600 habitantes.

El colegio consta de 9 o 10 grupos-aula (según la matrícula de cada curso), una para cada nivel educativo. Su ratio media es de unos 10 alumnos/as por clase, con un creciente aumento del alumnado inmigrante. Se trata de un centro de educación primaria, pero autorizado para impartir 1º y 2º de ESO (12-14 años), niveles a los que se refiere este trabajo.

El centro pertenece a la Red Andaluza de Ecoescuelas desde el año 2000, habiendo recibido numerosos galardones. En los cursos 2010-11 y 2014-15 se implementó esta propuesta de forma conjunta con grupos de alumnado de otros centros, en dos proyectos de investigación educativa que no serán objeto de análisis en este artículo. Los y las participantes en esta investigación han sido en total 148 estudiantes de las clases de 1º y/o 2º de ESO (en la Tabla 2 se puede ver su distribución por cursos, niveles y sexo). La

participación del alumnado se produjo en su contexto educativo habitual y en los datos aportados se garantiza su anonimato. Las actividades realizadas estaban incluidas en la planificación del CEIP Ntra. Sra. del Rosario y las de carácter extraescolar fueron aprobadas por el Consejo Escolar de este centro, así como autorizadas individualmente por sus representantes legales. Parte de la investigación se llevó a cabo en el marco de proyectos de investigación educativa aprobados por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (PIV-062/12; PIV-034/14).

Tabla 2. Información más relevante de los 11 ciclos de diseño de la SEA.

Curso académico	Nivel	Nº de alumnos/as (y total)	Versión del diseño. Aspectos destacables	Instrumentos utilizados
2006-07	2º ESO	7/7 (14)	D1. Contenido multidisciplinar: procesos geológicos, flora y fauna, aspectos históricos y etnográficos.	Diario del docente
2007-08	2º ESO	6/4 (10)	D2. Incorporación de actividades de orientación	Diario del docente
2008-09	2º ESO	5/6 (11)	D3. Incorporación de búsqueda de pruebas para el estudio de suelos. Medidas del caudal de la rambla	Diario del docente Cuestionario pre y post sobre dominio de contenidos
2009-10	1 y 2º ESO	5/6 5/5 (21)	D4. Incorporación del juego de rol.	Diario del docente Cuestionario pre y post sobre dominio de contenidos
2010-11	1º ESO	5/7 (12)	D5. Contenidos centrados en la biodiversidad. Uso de un cuadernillo de elaboración propia y de internet como fuentes de información en sustitución del libro de texto. Yincana botánica. Inclusión de clave dicotómica adaptada. Implementación con alumnado de otros centros.	Diario del docente Cuestionarios sobre dominio de contenidos (biodiversidad) Cuestionarios de actitudes y valoración del paisaje
2012-13	1 y 2º ESO	5/1 4/8 (18)	D6. Contenido multidisciplinar: Se incluyen más contenidos de matemáticas y geología.	Diario del docente Cuestionarios de dominio de contenidos (desertización, biodiversidad y ecosistemas) Cuestionario de valoración de aspectos didácticos por el alumnado Cuestionario de Actitudes hacia paisajes

Tabla 2. Continuación.

Curso académico	Nivel	Nº de alumnos/as (y total)	Versión del diseño. Aspectos destacables	Instrumentos utilizados
2014-15	2º ESO	5/3 (8)	D7. Contenidos centrados en los ecosistemas. Inclusión de actividad y ficha comparativa de parcelas. Simplificación de la recogida de datos sobre especies, unificando campos (origen, distribución, adaptaciones) en observaciones. Inclusión de más juegos de orientación y por equipos. Inclusión de pictogramas y mejoras gráficas en el cuaderno de campo. Implementación con alumnado de otros centros.	Diario del docente Cuestionario sobre dominio de contenidos (ecosistemas) Cuestionarios de actitudes hacia los hábitats semiáridos
2016-17	1º ESO	4/6 (10)	D8. Adaptación a los cambios normativos en el currículo oficial: se elimina la materia de Biología y Geología en 2º de ESO.	Diario del docente
2017-18	1º ESO	8/10 (18)	D9. Simplificación de la secuencia acotando los contenidos y eliminación de algunas actividades (sobre caudal de la rambla, fósiles...).	Diario del docente
2018-19	1º ESO	7/6 (13)	D10. Incorporación de informe individual sobre ecosistemas previo al trabajo en equipo. Modificación del recorrido por realización de obras del AVE.	Diario del docente Rúbrica para evaluar las respuestas a la tarea sobre ecosistemas
2020-21	1º ESO	7/6 (13)	D11. Ajuste por cambios normativos: estándares de aprendizaje). Última aplicación, conclusiones y versión actual.	Diario del docente

Resultados y discusión

Secuencia de actividades: producto didáctico

La presentación detallada del diseño y los resultados de una investigación de diseño suele demandar más espacio del que generalmente se permite en un artículo (Guisasola et al., 2017; Rodríguez y Blanco, 2021). Por ello, en este artículo se aporta solo una descripción esquemática de la SEA *¿Aquí solo hay matojos?* (Tabla 3). En ella se han destacado los aspectos más relevantes y se han presentado los enunciados de las actividades realizadas tanto en el aula como en el campo, concretando el contenido que se pretendía trabajar en cada una, así como su temporalización. La descripción completa y pormenorizada está disponible en: <https://repositorio.ual.es/handle/10835/18797>.

Tabla 3. Descripción resumida (enunciados) de la SEA “Aquí solo hay Matojos”.

Momento/ Duración	Nº	Enunciado	Contenidos
Previo a la salida (en el aula)	<i>Juego de Rol “Las Gachas Resort”</i>		
	A1	Se ha planteado la construcción de un complejo turístico en la zona de Las Gachas ¿Se debe autorizar su construcción o proteger la zona? (Presentación de controversia sociocientífica). Esta cuestión es abordada mediante un juego de rol con formato de debate televisivo en que cada alumno/a adopta el papel de un representante de los sectores afectados, tanto a favor como en contra, siendo el docente el moderador.	BIO1, BIO2, BIO3, BIO7, ECO9, CIE10, CIE16, CIE17
	A2	¿Cómo podemos decidir quién tiene razón? (Necesidad de obtener información fiable para tomar decisiones → Salida).	CIE10, CIE11
	<i>Preparamos la salida</i>		
Tiempo estimado 2-3 sesiones	A3	¿Cómo nos vamos a organizar? ¿Qué equipamiento vamos a necesitar para la salida al campo? (Organización en grupos y preparación de materiales: móvil, cuaderno de campo, brújula, lupa, prismáticos, recipientes, recursos para identificar especies).	CIE7, CIE15
	A4	Es necesario planificar la salida y contar con la ficha técnica del itinerario. Confeccionala con tu equipo a partir de los datos ofrecidos en el mapa (identificamos las cotas máxima y mínima, calculamos la distancia del recorrido trazado en el mapa).	CIE15 Otros (interpretar mapas topográficos, proporcionalidad)
	<i>Nos situamos y tomamos nota</i>		
	A5	Con la ayuda de la brújula, orienta el mapa, sitúa dónde estamos ahora mismo y hacia dónde nos dirigimos.	Otros (manejo de brújula, interpretar mapas)
Durante la salida (en el campo)	A6	Anota lo que más te llame la atención de cada parada y sitúala rotulando su número en el mapa del cuaderno de campo.	CIE12
	<i>Capas bajo nuestros pies: perfil de un suelo</i>		
	A7	Observa el talud e identifica niveles con características distintivas (variaciones en color, textura...). Realiza un dibujo esquemático en tu cuaderno de campo.	GEO1
	<i>La erosión en acción</i>		
Tiempo estimado 4 horas	A8	Identifica sobre el terreno los mecanismos de erosión y evolución de laderas que se ilustran en el cuaderno de campo y sitúalas en el mapa.	GEO2, GEO3
	A9	¿Cómo llamarías a esas misteriosas formaciones rocosas? (Conocemos las <i>Chimeneas de Hadas</i>).	GEO3
	A10	¿Por qué creéis que no se cae esa tierra si no tiene soporte debajo?	GEO4
	<i>La huella humana</i>		
	A11	Hemos observado cómo la vegetación tiene el “poder” de proteger el terreno. Pero ¿qué agentes pueden hacer lo contrario? ¿Cuál pensáis que es la causa de esas “heridas” del suelo?	GEO 5, GEO6, BIO2, ECO9
	A12	¿Para qué creéis que pondrían esos muros de piedra sobre la ladera? (Analizamos “Balates” o muros de piedra seca Patrimonio Inmaterial de la Humanidad).	GEO6, CIE10

Tabla 3. Continuación.

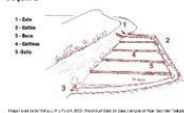





Momento/ Duración	Nº	Enunciado	Contenidos												
	A13	Para comprobar el efecto de los muros, observamos qué ocurre donde los balates se han roto ¿cómo afecta su deterioro?	GEO6, CIE11												
		¿Es un robo o un préstamo?													
	A14	Observa esta estructura, ¿para qué crees que sirve? (analizamos la boquera, una instalación para el aprovechamiento de agua en los cultivos que además fertiliza, disminuye el poder erosivo del agua y devuelve los excedentes al cauce).	GEO6, CIE10												
		<div>¿ES UN ROBO O UN PRÉSTAMO? Observa esta estructura, ¿para qué crees que sirve? Rodea el elemento de la siguiente ilustración que no has observado en la boquera que hemos visto.</div> <div>Boqueras: 1. Bata 2. Muro 3. Bata 4. Muro 5. Bata</div> 													
	A15	¿Podrás descubrir más boqueras durante el recorrido? Intenta situarlas en el mapa y anota el cultivo que riegan.	GEO6												
		Los habitantes del desierto													
	A16	Basándote en la ilustración del cartel “Se busca”, trata de encontrar a una especie muy especial, que no es precisamente un forajido.	BIO4, BIO5												
															
	A17	Anota en el listado del cuaderno de campo el nombre de los seres vivos que vayas observando y consigas identificar.	BIO4, BIO6, CIE12												
	A18	Guarda silencio y a simple vista o con ayuda de prismáticos trata de identificar alguna de las aves que observas.	BIO4, CIE7												
	A19	Conviértete en un detective de la naturaleza y busca “pistas” que delaten la presencia de otros animales (identificamos plumas, egagrópilas, letrinas, habitáculos, huellas...).	BIO4, CIE4, CIE12												
															
	A20	¿Hay algo vivo ahí? Saca tu lupa o agudiza la vista y realiza una microexcursión ¡en un palmo de suelo! sobre este terreno blanquecino e indica si ves algo vivo (reconocemos un microbosque de líquenes).	BIO4, CIE10, BIO6												
															
	A21	Descubre los “tesoros naturales” siguiendo el rumbo, contando los pasos y contestando a las preguntas de las tarjetas.	BIO4 Otros (orientación)												
		<div>EN BUSCA DEL TESORO</div> <div>Descubre los “tesoros naturales” siguiendo el rumbo, contando los pasos y contestando a las preguntas de las tarjetas.</div> <table><thead><tr><th>RUMBO</th><th>DISTANC.</th><th>RESPUESTA</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>40°</td><td>40 pasos</td></tr><tr><td>2</td><td>260°</td><td>80 pasos</td></tr><tr><td>3</td><td>320°</td><td>45 pasos</td></tr></tbody></table>	RUMBO	DISTANC.	RESPUESTA	1	40°	40 pasos	2	260°	80 pasos	3	320°	45 pasos	
RUMBO	DISTANC.	RESPUESTA													
1	40°	40 pasos													
2	260°	80 pasos													
3	320°	45 pasos													
	A22	¿Para qué crees que sirven estas plantas? (compartimos y ampliamos posibles usos: alimenticio, extracción de esencias, medicinales...).	BIO3, BIO7												
															
	A23	¿Cuánto crees que mide ese pino? ¿Podrías medir su altura? (tras sus estimaciones conocemos un procedimiento basado en el ángulo de visión que sólo necesita un lápiz).	CIE12												
															
		Observación plurisensorial													
	A24	Sentados/as con los ojos cerrados, guardad silencio durante 30 segundos y anotad los sonidos que escuchéis (“Oyendo el paisaje”).	BIO4, CIE5												
	A25	¿A qué huelen los calcetines? Asocia el olor de cada uno a una planta aromática de los alrededores (“Jardín de las aromáticas”. Incorporamos el olfato al oler calcetines llenos de aromáticas desmenuzadas).	BIO4, CIE5												

Tabla 3. Continuación.


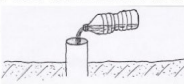
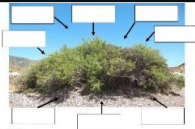

Momento/ Duración	Nº	Enunciado	Contenidos
<i>Estudio de parcelas</i>			
	A26	¿Dónde piensas que hay más especies diferentes (más biodiversidad) en la zona de <i>badlands</i> o en el <i>espartal</i> ?	BIO1, ECO1, CIE10
	A27.1	Somos científicos y las afirmaciones (<i>hipótesis</i>) hay que contrastarlas ¿cómo podríamos hacerlo? (realizamos un análisis de las parcelas).	ECO1, ECO2, ECO3, CIE8, CIE9, CIE11, CIE12
			
	A27.2	Registra el nº de las distintas especies encontradas en cada parcela y anota el nombre de las que hayas identificado ¿cuál te gusta más? (analizamos la biodiversidad).	BIO1, BIO4, CIE15
	A27.3	¿Qué caracteriza a los suelos de los dos ecosistemas? Para conocer sus características, realiza un análisis <i>in situ</i> (que permita conocer la permeabilidad) y recoge muestras para analizarlas a posteriori (en clase).	GEO1, CIE2, CIE12
		Comprobamos la permeabilidad del suelo Clava una lata de conservas, abierta por los dos lados, unos centímetros en el suelo. Echa el contenido de la botellita que hemos preparado dentro y cronometra el tiempo que tarda en infiltrarse. 	
	A28	Averigua el nombre de una planta y algún animalillo de los que hay en suelo o bajo las piedras (¡Ojo con los escorpiones!) con la ayuda de las claves dicotómicas.	CIE3, CIE6
<i>El ecosistema del azufaífo</i>			
	A29.1	Descubre cuántas especies se refugian/viven en el azufaífo.	BIO4, CIE12
	A29.2	Una vez identificadas las plantas y animales que viven en él, ¿a qué crees que se debe el que esta planta sea una especie de “oasis”?	BIO5, ECO2, ECO3, ECO4, ECO5, CIE13, CIE14
			
<i>El paisaje nos cuenta cosas</i>			
	A30	¿Qué nos cuenta este paisaje? ¿Cuántas zonas diferentes observas desde esta atalaya? (sobre una colina observamos una panorámica de la zona y distinguimos 4 ecosistemas: matorral, <i>badlands</i> , rambla y cultivos).	BIO2, ECO1, ECO9, CIE10
Posterior a la salida (en el aula)	<i>Analizamos muestras</i>		
	A31	Analiza las muestras de suelo recogidas en la salida (A27). ¿Qué diferencias encontramos entre los suelos de las distintas parcelas?	GEO1, CIE2, CIE13
Tiempo estimado 7-9 sesiones		Coge una muestra de suelo pequeña (como un vasito de café). Cuando llegues a clase, bátela con energía y déjala reposar hasta que precipiten los sedimentos. Anota a continuación la proporción de cada componente sólido del suelo. 	
<i>Comunicamos resultados</i>			
	A32	Comparte tus datos con el resto de “científicos/as” (compañeros/as) (ponemos en común las observaciones recogidas en el cuaderno acompañando de un recorrido virtual de la salida, y completamos una tabla de síntesis).	CIE16
<i>Obtenemos pruebas y concluimos</i>			

Tabla 3. Continuación.

Momento/ Duración	Nº	Enunciado	Contenidos																																																																																																																																		
	A33	<p>Analiza los datos de las parcelas (tabla síntesis) y compáralos con la hipótesis emitida.</p> <p>Anota tus conclusiones justificándolas según las relaciones entre los factores físicos y biológicos de cada parcela (actividad más relevante para comprender el concepto de ecosistema: más arcillas=menor permeabilidad=menor infiltración de agua=menor cobertura vegetal=menor materia orgánica=plantas especializadas</p> <table><tr><th colspan="6">Badlands</th><th colspan="6">Matorral</th></tr><tr><th colspan="6">Orientación de la ladera</th><th colspan="6">Umbría</th></tr><tr><th colspan="6">Pendiente</th><th colspan="6">Fuerte</th></tr><tr><th colspan="6">Tiempo de infiltración (seg.)</th><th colspan="6">35</th></tr><tr><th colspan="6">Componentes del suelo</th><th colspan="6">3/4</th></tr><tr><td></td><td>Org.</td><td>Arc.</td><td>Lim.</td><td>Ara.</td><td>Gr.</td><td>Org.</td><td>Arc.</td><td>Lim.</td><td>Ara.</td><td>Gr.</td></tr><tr><td></td><td>I</td><td>III</td><td>I</td><td></td><td></td><td>I</td><td>II</td><td>I</td><td>III</td><td>III</td></tr><tr><th colspan="6">Cobertura vegetal</th><th colspan="6">3/4</th></tr><tr><th colspan="6">Nº de especies de plantas</th><th colspan="6">7</th></tr><tr><th colspan="6">Nº de especies animales</th><th colspan="6">4</th></tr><tr><th colspan="6">Especies más abundantes</th><th colspan="6">Esparto</th></tr></table>	Badlands						Matorral						Orientación de la ladera						Umbría						Pendiente						Fuerte						Tiempo de infiltración (seg.)						35						Componentes del suelo						3/4							Org.	Arc.	Lim.	Ara.	Gr.	Org.	Arc.	Lim.	Ara.	Gr.		I	III	I			I	II	I	III	III	Cobertura vegetal						3/4						Nº de especies de plantas						7						Nº de especies animales						4						Especies más abundantes						Esparto						GEO1, BIO1, ECO1, ECO2, ECO3, CIE8, CIE9, CIE13, CIE14, CIE15
Badlands						Matorral																																																																																																																															
Orientación de la ladera						Umbría																																																																																																																															
Pendiente						Fuerte																																																																																																																															
Tiempo de infiltración (seg.)						35																																																																																																																															
Componentes del suelo						3/4																																																																																																																															
	Org.	Arc.	Lim.	Ara.	Gr.	Org.	Arc.	Lim.	Ara.	Gr.																																																																																																																											
	I	III	I			I	II	I	III	III																																																																																																																											
Cobertura vegetal						3/4																																																																																																																															
Nº de especies de plantas						7																																																																																																																															
Nº de especies animales						4																																																																																																																															
Especies más abundantes						Esparto																																																																																																																															
Informe final: nos posicionamos de manera fundamentada y comunicamos los resultados																																																																																																																																					
	A34	Ya disponemos de bastante información para elaborar un informe que ayude a determinar si se debería construir el resort, proteger la zona o adoptar una postura intermedia ¿qué apartados debería incluir?	CIE15, CIE16																																																																																																																																		
	A35	Utilizando los resultados de vuestras investigaciones, el cuaderno, libro de texto... Redacta un informe científico sobre <i>Las Gachas</i> , con especies de la zona y resultados según el guion acordado. Con esto podemos responder a la pregunta inicial: <i>¿Se debe autorizar la construcción de Las Gachas Resort o se debe proteger la zona?</i>	CO6, ECO7, ECO8, CIE13, CIE14, CIE16, CIE17																																																																																																																																		
	A36	A partir de los informes individuales, en grupo, planificad cómo realizar la comunicación de los resultados de vuestra investigación y las conclusiones.	CIE13, CIE14, CIE 15, CIE16, CIE17																																																																																																																																		
	A37	Llevad a cabo la comunicación planificada.	CIE15, CIE16, CIE17																																																																																																																																		
Nuestro grano de arena: de científicos/as a activistas																																																																																																																																					
	A38	Además de todo lo realizado, ¿qué más podemos hacer nosotros/as? (el alumnado propone campañas de protección, plantaciones, denuncias públicas, entrevistas...).	CIE17																																																																																																																																		

Aunque se han señalado los contenidos incluidos en la Tabla 1 que se trabajan más directamente en cada actividad, todos están más o menos interrelacionados y se trabajan de forma indirecta en otras actividades de acuerdo con una perspectiva transdisciplinar. De hecho, en todas las implementaciones se trabajaron, al menos, contenidos de Matemáticas, Biología y Geología (materias impartidas por el docente-investigador), así como de Educación Física (cuyo docente fue colaborador), aunque para este trabajo, como ya se ha señalado, nos hemos enfocado en Biología y Geología. Además de la realización de las actividades descritas, la SEA ha sido el desencadenante para profundizar o abordar otras temáticas que escapan a los objetivos de este artículo: rocas y minerales, taxonomía biológica, biomas, espacios naturales andaluces, interpretación de mapas, usos del agua, semejanza de triángulos, escalas, orientación, actividades en el medio natural... (algunas de estas propuestas pueden consultarse en el Anexo 1 del documento disponible en <https://repositorio.ual.es/handle/10835/18797>. En López-de-Haro y Segura (2013) se desarrolla con más detalle la visión de las posibilidades que ofrecen este tipo de propuestas en

relación a las diferentes disciplinas. En cualquier caso, deben considerarse como una propuesta abierta y flexible en la que, según se desarrolle el itinerario y las circunstancias que lo afecten, puede ser necesario hacer una selección de actividades a realizar.

En la [versión pormenorizada de la SEA](#) se explican con cierto detalle todos los aspectos necesarios para su implementación o adaptación, por lo que señalamos a continuación solo algunos de los más destacables. En su p. 35, este documento propone actividades complementarias para reforzar conceptos en los que el alumnado no alcanzó el nivel esperado, como la identificación de formaciones geológicas y la importancia de la extinción de especies. Se detectó también desconocimiento sobre la alimentación de especies autóctonas, lo que hace recomendable trabajar su clasificación en niveles tróficos antes de abordar cadenas y redes tróficas. Otro aspecto importante es la duración de las actividades, ya que, aunque la valoración general del alumnado fue positiva, el tiempo empleado fue el aspecto peor valorado. Se recomienda centrarse en lo esencial y, en el caso de la salida al campo, no exceder las cuatro horas, incluyendo dos descansos cortos. Otra recomendación es limitar el número de participantes en la salida al campo. Aunque la investigación se realizó en un centro con baja ratio, en algunas ocasiones se trabajó con dos grupos o alumnado de otros centros. La experiencia indica que lo ideal es un solo grupo de 20-25 estudiantes como mucho, con al menos un docente-guía y otro de apoyo.

Resultados y reflexiones en términos de eficacia

Un adelanto de la información obtenida con los instrumentos mencionados en el apartado *Ciclos de Diseño - Implementación - Análisis - Rediseño* y una reflexión sobre la misma puede consultarse en el documento [Datos y reflexiones para la evaluación de la secuencia de actividades ¿Aquí solo hay matojos?](#). Destacamos aquí algunos de los datos más relevantes.

En las pruebas de conocimientos pretest-postest sobre geología, biodiversidad y ecosistemas realizadas se producen mejoras con un nivel de significación por debajo de 0,05 en la prueba de Wilcoxon, o un tamaño del efecto de moderado a alto, en el 86% de las variables (contenidos que se trabajan en la SEA incluidos en la Tabla 1). En otra iteración se evaluó mediante una rúbrica la elaboración de un informe científico sobre los ecosistemas de las Gachas (A35, Tabla 3). Este instrumento permitió comprobar cómo el alumnado lograba elaborar argumentos, adecuadamente fundamentados con el conocimiento construido, para justificar la conservación de la zona visitada. Además, obtuvieron una calificación promedio de 3,34 sobre 5, que, teniendo en cuenta las características del grupo participante (nota media de 2,40 sobre 5 en Biología y Geología), parece indicar unos buenos resultados. Este informe, al ser utilizado en las últimas iteraciones, aportó indicios de que el refinamiento de la SEA iba contribuyendo a la mejora de algunos resultados, por ejemplo, en los asociados a la clasificación de las especies en niveles tróficos.

Además de estos resultados en cuanto a adquisición de conocimientos y desarrollo de competencias científicas, el diseño también está respaldado por el efecto de la SEA a nivel actitudinal, registrado a través de una escala de actitudes basada en imágenes, un instrumento diseñado ex profeso y que supone una contribución en sí mismo (López-de-Haro et al., 2023). Y se ha podido constatar la implicación del alumnado, a veces espontánea, en actividades proambientales (A38, Tabla 3), lo que respalda el efecto de la SEA a nivel actitudinal, aspecto que se analizará con más profundidad en otro trabajo.

Resultados pragmáticos del diseño: instrumentos didácticos elaborados

Por la innovación que supone su propio diseño o la forma de implementarlos, algunos de los recursos didácticos utilizados en el desarrollo de la SEA pueden ser considerados también como resultados. En este sentido, hay que destacar el cuaderno de campo (disponible en: [cuaderno de campo](#)), con un formato que lo diferencia de otros modelos que se suelen utilizar. Contiene lo esencial para la recogida de datos que luego se trabajarán en clase, con una presentación amena y textos cortos para favorecer el trabajo de campo. Ha sido un instrumento fácil de reproducir, versátil, adaptable a las circunstancias cambiantes de cada curso e incluso otros itinerarios, lo que lo convierte en un recurso transferible a otros contextos educativos y favorece su implementación por otros docentes. Se ha mostrado, además, como el instrumento central de toda la secuencia didáctica, antes, durante y después de la salida al campo, convirtiéndose en guía, fuente de consulta e instrumento de evaluación (López-de-Haro y Segura, 2013). Otro recurso de elaboración propia ha sido *Las plantas de Las Gachas* (disponible en [versión detallada de la SEA](#), p. 56) una clave dicotómica adaptada y simplificada, referida a un espacio reducido y con número muy limitado de especies de plantas, lo que elimina las dificultades de utilizar las claves ordinarias, excesivamente técnicas y extensas. No obstante, para su elaboración se requiere la colaboración de personas que conozcan bien la flora de la zona.

Por otro lado, el uso de aplicaciones móviles (iNaturalist, Aves de España, Merlin), utilizadas al final de la investigación, resultó muy motivante para el alumnado y pueden ser un recurso muy interesante para identificar especies a través de la inteligencia artificial, registrar las especies observadas e introducir al alumnado en proyectos de ciencia ciudadana.

Otro aspecto muy destacable ha sido el trabajo realizado con parcelas. El registro de datos sobre el biotopo y la biocenosis de dos zonas diferentes en una sencilla tabla permitió al alumnado, una vez en clase, trabajar los conceptos básicos de la noción de ecosistema y diversos procedimientos científicos como el control de variables. Compartir los datos y reflejarlos en una tabla-resumen muy visual, sobre la que después se trabajaba individualmente y en grupo, permitía al alumnado establecer relaciones que favorecen el tránsito, propuesto por García (2003), desde una concepción aditiva hacia la noción del ecosistema como una organización compleja. Además, esta estrategia replica con un gran realismo lo que es una investigación de campo en ecología (por ej. Mota et al., 2023 y 2024). La puesta en común y el intercambio dialógico ha sido fundamental en esta estrategia y en todo el desarrollo de la SEA, en consonancia con lo apuntado en la literatura por gran cantidad de autores (Zenteno-Mendoza y Garritz, 2010; Faize et al., 2018).

Aportaciones teóricas específicas

Además del mencionado impacto *local* en los participantes implicados/as, que proporciona justificaciones particulares sobre la efectividad del trabajo de diseño, y de la descripción pormenorizada de la SEA producto del proceso, consideramos importante contemplar también contribuciones teóricas *humildes* resultantes del extenso proceso seguido (Guisasola et al., 2021). Es importante aportar conocimiento al desarrollo de un cuerpo teórico más amplio, siendo por tanto crucial el mantener continuamente ambos tipos de argumentos: aquellos con una relevancia cercana a la experiencia práctica y aquellos con un alcance a mayor escala y teórico (Barab y Squire, 2004). De hecho, una de las principales aportaciones de la investigación de diseño es que su foco está en desarrollar

aportaciones teóricas modestas de enseñanza, no de aprendizaje, de las ya ampliamente consensuadas (Jiménez-Liso et al., 2023).

En este sentido, los resultados expuestos concuerdan con muchos otros estudios que destacan la salida de campo como una herramienta didáctica que incrementa el conocimiento del alumnado (Orion, 1993), posibilitando el ambiente adecuado para aprender ciencias, el trabajo cooperativo y la generación de procesos reflexivos (Aguilera, 2018), a través de un aprendizaje experiencial (Lei, 2010). Asimismo, propician la conexión de lo aprendido con la realidad (Behrendt y Franklin, 2014), familiarizando al alumnado con el entorno más cercano, lo que favorece el conocimiento del medio, de las posibles problemáticas medioambientales asociadas y la propuesta de acciones en favor del desarrollo sostenible (Alcántara y Medina, 2019).

Una aportación que emerge de esta investigación está asociada a una característica particularmente destacable de los itinerarios didácticos: la capacidad de adaptación a las circunstancias cambiantes, que requieren flexibilidad en su diseño. Estas han estado asociadas a dos dimensiones distintas: la legislativa y la ambiental. Por un lado, los y las docentes frecuentemente modifican sus diseños para adaptarse a nuevas directrices curriculares (Lim, 2023). Esto conlleva que las intervenciones en IBD deban ser lo suficientemente flexibles para poder integrar estos cambios sin que ello comprometa la consecución de los objetivos de la investigación. La SEA aquí descrita se adaptó con éxito a tres normativas educativas diferentes promulgadas durante el periodo de diseño de esta. Por otro lado, los itinerarios didácticos se desarrollan en un entorno ya de por sí cambiante, haciendo que sean necesarios ajustes, no sólo en función de las respuestas de los/as estudiantes y los materiales utilizados, sino también de las circunstancias cambiantes del propio medio en que se realiza el itinerario: cambios de uso del territorio, meteorológicos, biológicos... Estas circunstancias pueden, además, ofrecer nuevas oportunidades educativas, por lo que es muy conveniente que los/as docentes realicen el recorrido previamente cada vez que se vaya a implementar.

Otro aspecto destacable de este trabajo es que hemos comprobado que es posible desarrollar un itinerario de calidad en el entorno inmediato al centro escolar, poniendo de manifiesto las potencialidades educativas de los entornos próximos, aunque se trate de entornos semiáridos supuestamente poco *valiosos*. Señalar al respecto que la metodología propuesta como fase preliminar en el diseño del itinerario, y especialmente el inventario de RPE, puede facilitar mucho la tarea de encontrar recorridos adecuados en el entorno de la mayoría de los centros educativos. Esto ayuda a superar uno de los obstáculos que el profesorado encuentra al llevar a cabo estas actividades en el medio natural, al escoger entornos privilegiados y distantes del centro escolar, algo que exige largos y costosos desplazamientos (Pedrinaci, 2012).

Aportaciones teóricas metodológicas

Un fruto de este largo proceso ha sido la confirmación de la relevancia del diario docente como un instrumento decisivo en el proceso de rediseño de experiencias educativas basadas en la IBD (Ruiz et al., 2024). Si bien es cierto que se tuvieron en cuenta las producciones y respuestas del alumnado a los cuestionarios, la información registrada con este instrumento, que en numerosas ocasiones adoptó la forma de simples anotaciones rápidas que permitían registrar ideas, fue determinante en la toma de decisiones y subsecuentes modificaciones de la SEA (Zuza et al., 2020). A través del diario, se han registrado aspectos críticos que han permitido ajustes iterativos informados, como la implicación de los estudiantes en la realización de las actividades, el nivel de cansancio

que producían, su efectividad sobre el terreno o su utilidad posterior en el aula... Este uso del diario docente en IBD se alinea con lo señalado por diversos estudios (Barab y Squire, 2004) que destacan su papel como fuente de datos cualitativos que reflejan la práctica educativa diaria, facilitando una retroalimentación constante entre teoría y práctica. Permite no solo documentar experiencias y reflexiones en tiempo real, sino también identificar patrones y oportunidades de mejora que informan decisiones de diseño en ciclos iterativos (Penuel y Fishman, 2012). Así, el diario docente se consolida como un recurso clave para comprender el impacto de las intervenciones educativas y guiar la adaptación continua de estrategias didácticas, promoviendo un desarrollo tanto teórico como práctico de la investigación educativa.

Por otro lado, en la IBD las iteraciones son ampliamente reconocidas como mecanismos clave para la mejora progresiva de las propuestas educativas (Ruiz et al., 2024). Sin embargo, la experiencia en esta investigación, que incluyó once ciclos iterativos, muestra que un mayor número de iteraciones no siempre se traduce en mejoras significativas. Más allá de algunas decisiones puntuales, que sí impactaron en la calidad de la propuesta, la mayoría de los cambios respondieron a exigencias curriculares, variaciones en el recorrido o nuevas oportunidades, más que a una saturación del diseño. Por ello, se propone reconsiderar la rigidez del criterio *cuantas más iteraciones, mejor*, sugiriendo adaptar su número a las particularidades de cada diseño y reflexionar sobre los criterios de validez y saturación en la IBD.

Consideraciones finales e implicaciones didácticas

Los resultados obtenidos muestran que la SEA ha contribuido a que el alumnado mejore sus conocimientos y habilidades científicas, su aplicación en contextos reales, la capacidad para respaldar sus posiciones ante CSC con argumentos, así como su implicación en actividades de protección de su entorno. Una mejora, en definitiva, de las competencias del alumnado, que valida la utilidad de esta SEA para el desarrollo de los objetivos planteados y del currículo oficial, asegurando, por tanto, su viabilidad y justificando su aplicación y adaptación a otros contextos educativos.

Podría entenderse como una limitación de esta investigación la complejidad de abordar diferentes cuestiones que podrían considerarse como un ámbito de estudio específico con enfoques y metodologías propios. Unirlas de manera efectiva dentro de un único diseño ha supuesto un desafío. No obstante, los resultados ya descritos avalan la viabilidad de la propuesta. Por otra parte, la organización de salidas al campo plantea ciertas dificultades y resistencias que hacen que solo se realicen de forma esporádica (Zamalloa et al, 2014; Cortés et al, 2012; Pedrinaci, 2012), por eso parece conveniente que, cuando se hagan, se intente aprovechar todo su potencial, abordando cuestiones diversas que puedan ser desarrolladas después en clase. Además, este enfoque holístico es coherente con la propia naturaleza compleja del objeto de estudio y el pensamiento sistémico al que se debe aspirar para acercarse a su comprensión (European Commission. Joint Research Centre, 2022).

A pesar de la contextualización de la SEA descrita en un ámbito educativo y geográfico particular, en el que las paradas del itinerario didáctico son únicas, la SEA tiene un carácter transferible bastante evidente en el caso de las zonas áridas y semiáridas (que suponen el 41% de la superficie terrestre). Pero, además, prácticamente todos los conceptos reflejados en la Tabla 1 pueden reconocerse en cualquier paisaje natural o seminatural del mundo, aunque tengan características propias. Esto se puede aplicar a lo largo de la escala paisajística, desde la geología y los suelos (hitos geomorfológicos, erosión, ...) hasta la

identificación de la biodiversidad. Un elemento tan característico de las zonas áridas y semiáridas como las costras biológicas, podrían ser sustituidas por líquenes y musgos en los muros, rocas y ramas de los árboles en ambientes radicalmente distintos. De la misma manera, el modelo de cuaderno de campo, que ha resultado un elemento imprescindible para el desarrollo de la SEA, tiene un formato versátil, fácil de elaborar y adaptar a otros itinerarios, y lo mismo sucede con la clave dicotómica. Muchos de los aspectos de la metodología seguida también son exportables a otros entornos y pueden facilitar el diseño de itinerarios: su estructura temporal (previo en el aula, salida de campo justificada, final en el aula), partir de un conflicto socioambiental local a través de un juego de rol, el procedimiento seguido para seleccionar el recorrido y preparar itinerarios didácticos (haciendo un inventario de lo que hemos llamado *RPE*), el estudio de parcelas para caracterizar ecosistemas, actividades que combinan orientación e interpretación ambiental, de observación plurisensorial...

El desarrollo de la SEA en un entorno semiárido ha sido otro de los desafíos a los que se ha enfrentado esta investigación. Un desafío educativo, al ser estos hábitats poco conocidos y valorados, y un desafío académico, por la escasez de trabajos y estudios encaminados, precisamente, a promover su conocimiento y valoración. Este hecho acentúa una de las limitaciones generales para diseñar itinerarios didácticos y SEAs como la propuesta, la necesidad de que el equipo que las diseñe tenga un amplio conocimiento sobre la zona donde se va a llevar a cabo. Para soslayar esta limitación consideramos necesario que expertos, guías o docentes con formación se impliquen en su diseño, como ha sido el caso en esta investigación. La dificultad que esto supone aconseja, que cuando se consigue, el itinerario didáctico diseñado se convierta en una especie de instalación dotacional más o menos permanente a disposición de los centros docentes. El potencial de este auténtico recurso didáctico, mostrado en esta y en muchas otras investigaciones, justificaría que se promueva el establecimiento de una red de itinerarios didácticos de calidad fácilmente accesibles para los centros educativos.

Agradecimientos

Al CEIP Ntra. Sra. del Rosario (Ecoescuela de Guazamara) de Cuevas del Almanzora, colegio en el que se han llevado a cabo todas las implementaciones de esta SEA, y a todo su profesorado, especialmente a José A. Segura Serrano que ha participado en casi todas las iteraciones. A Francisca L. Fernández Ortega y a Víctor Serrano Virgil, que colaboraron muy activamente en algunas fases de su diseño. A la Asociación de Educación Ambiental de la Región de Murcia (ASEARM) y a Miguel Á. Esteve Selma que inspiraron algunas de las actividades de la secuencia didáctica. Se ha contado con el apoyo de la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía (Proyectos de Investigación Educativa PIV-062/12 y PIV-034/14). Esta publicación es también parte de los proyectos PID2020-116097RB-I00 y PID2024-160066NB-C21 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033/, el proyecto DGP_PIDI_2024_02689 financiado por la Junta de Andalucía; y el proyecto 2024-1-IT02-KA220-SCH-000257719 financiado por el Programa Erasmus+ de la UE.

Declaración de autoría

F. López-de-Haro: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración de proyectos, recursos, supervisión, validación, visualización, borrador original, revisión y edición. J. F. Mota Poveda: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, validación, visualización, revisión y edición. María Martínez-Chico: conceptualización, análisis formal, adquisición de financiación, metodología, supervisión, validación, visualización, borrador original, revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Adeel, Z. y World Resources Institute (Eds.). (2005). Ecosystems and human well-being: Desertification synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment. *World Resources Institute*.
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15(3), 1-17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Alcántara, J. y Medina, S. (2019). El uso de los itinerarios didácticos (sig) en la educación ambiental. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 173-188. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2258>
- Assadourian, E. (2017). Educación ecosocial: cómo educar frente a la crisis ecológica. *La situación del mundo 2017*.
- Badaracco, R. J. y Scull, J. (1978). Megascale Interpretive Planning. *The Interpreter*, 10(3), 4-10.
- Barab, S. A. y Kirshner, D. (2001). Rethinking methodology in the learning sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), 5-15. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS10-1-2_2
- Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Behrendt, M. y Franklin, T. (2014). A Review of Research on School Field Trips and Their Value in Education. *International Journal of Environmental y Science Education*, 9, 235-245.
- Braund, M. y Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373-1388. <https://doi.org/10.1080/09500690500498419>
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational researcher*, 32(1), 9-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Cortés, A. L., Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, J., Arlegui, J. y Gil, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las Ciencias en la Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), 155-176. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.597>
- Cortes-Vazquez, J. A. (2014). Protected Areas, Conservation Stakeholders and the 'Naturalisation' of Southern Europe. *Forum for Development Studies*, 41(2), 183-205. <https://doi.org/10.1080/08039410.2014.901238>
- Couso, D. (2016). Participatory Approaches to Curriculum Design From a Design Research Perspective. En D. Psillos y P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of*

- Teaching-Learning Sequences* (pp. 47–71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_4
- Cruz, I. M., Acebal, M. C., Cebrián, D. y Blanco, A. (2020). El juego de rol como estrategia didáctica para el desarrollo de la conciencia ambiental. Una Investigación Basada en el Diseño. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(1), https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1302
- Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Reich, P. B., Jeffries, T. C., Gaitan, J. J., Encinar, D., Berdugo, M., Campbell, C. D. y Singh, B. K. (2016). Microbial diversity drives multifunctionality in terrestrial ecosystems. *Nature Communications*, 7(10541). <https://doi.org/10.1038/ncomms10541>
- De la Cruz, L. P. y Pérez, N. D. S. (2020). El saber escolar en biodiversidad en clave para resignificar su enseñanza. *Praxis & Saber*, 11(27). <https://www.redalyc.org/journal/4772/477266235008/html/>
- Design-based research collective (2003). Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- DeWitt, J. y Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2) <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
- Dillon, J. y Avramidou, L. (2020). Towards a viable response to COVID-19 from the science education community. *JASTE*, 11(2), 1-6. <https://doi.org/10.33137/jaste.v11i2.34531>
- Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M., Sanders, D. y Benefield, P. (2006). The value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review*, 87, 107-111.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. y Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>
- Esteve, M. Á. y Calvo, J. F. (2000). Conservación de la Naturaleza y Biodiversidad en la Región de Murcia. En *Biodiversidad: contribución a su conocimiento y conservación en la región de Murcia* (193-214). Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia.
- European Commission. Joint Research Centre. (2022). GreenComp, the European sustainability competence framework. *Publications Office*. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/13286>
- Faize, F. A., Husain, W. y Nisar, F. (2018). A critical review of scientific argumentation in science education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475-483. <https://doi.org/10.12973/ejmste/80353>
- Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., Scheffer, M., Österblom, H., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Seto, K. C., Weber, E. U., Crona, B. I., Daily, G. C., Dasgupta, P., Gaffney, O., Gordon, L. J., Hoff, H., Levin, S. A., ... Walker, B. H. (2021). Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, 50(4), 834–869. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>

- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. y Briggs D. C. (2012) Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- García, J. E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la Escuela*, 51. <https://doi.org/10.12795/IE.2003.i51.07>
- García-Llorente, M., Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., López-Santiago, C. A., Aguilera, P. A. y Montes, C. (2012). The role of multi-functionality in social preferences toward semi-arid rural landscapes: An ecosystem service approach. *Environ Sci Policy*, 19(20), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.006>
- Garland, G., Banerjee, S., Edlinger, A., Miranda, E., Herzog, C., Wittwer, R., Philippot, L., Maestre, F. T. y van der Heijden, M. G. A. (2020). A closer look at the functions behind ecosystem multifunctionality: A review. *Journal of Ecology*, 109(2), 600–613. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13511>
- Garrido, A. y Couso, D. (2013). La competencia de uso de pruebas científicas: ¿qué dimensiones de la competencia se promueven en las actividades del aula de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Article Extra.
- Guisasola, J. (2024). La investigación basada en el diseño: Algunos desafíos y perspectivas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 2801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2801
- Guisasola, J., Ametller, J. y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de Las ciencias*, 18(1), 1801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801
- Guisasola, J., Gutiérrez-Berraondo, J., Zuza, K. y Ametller, J. (2017). Desarrollo iterativo de una secuencia de enseñanza/aprendizaje sobre el principio generalizado de trabajo y energía en cursos de física general universitaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0, 1691-1696.
- Guisasola, J. y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 1-2. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3001
- Hokayem, H., y Gotwals, A. W. (2016). Early elementary students' understanding of complex ecosystems: A learning progression approach. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(10), 1524-1545. <https://doi.org/10.1002/tea.21336>
- Jeronen, E., Keinonen, T. y Kärkkäinen, S. (2024). Visioning Transformative Science Education for Sustainability. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 15(1), 19-38. <https://doi.org/10.2478/dcse-2024-0003>
- Jiménez-Liso, M. R., Gómez-Macario, H., Martínez-Chico, M., Garrido-Espeja, A. y López-Gay, R. (2020). Egagrópilas como fuente de pruebas en una indagación. Percepciones de los estudiantes sobre lo que aprenden y sienten. *Revista Eureka*

- sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 17(1), 1203.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1203
- Jiménez-Liso, M. R., Martínez-Chico, M. y López-Gay, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 20(3), 3801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801
- Kelly, A. E., Lesh, R. A. y Baek, J. Y. (Eds.). (2014). *Handbook of Design Research Methods in Education: Innovations in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Learning and Teaching*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315759593>
- Kirschner, P., Sweller, J. y Clark, R. E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kortland, J. y Klaassen, C. W. J. M. (Eds.). (2010). *Designing theory-based teaching-learning sequences for science education: Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of Physics Didactics at Utrecht University*. Utrecht: CDBeta Press.
https://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2010_book_sympPL_FI-website.pdf
- Lei, S. A. (2010). Assessment practices of advanced field ecology courses. *Education*, 130(3), 404-415.
- Lim, F. V. (2023) A Design-Based Research Approach to the Teaching and Learning of Multiliteracies. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 32, 641–653.
<https://doi.org/10.1007/s40299-022-00683-0>
- Lindemann-Matthies, P. y Bose, E. (2008). How many species are there? Public understanding and awareness of biodiversity in Switzerland. *Human Ecology*, 36(5), 731-742. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9194-1>
- López-de-Haro, F. y Segura, J. A. (2013). Los itinerarios didácticos: Un recurso interdisciplinar y vertebrador del curriculum. *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 6(12), Article 12. <https://doi.org/10.25115/ecp.v6i12.954>
- López-de-Haro, F., Martínez-Chico, M., Martínez-Hernández, F., López-Tomás, J. y Mota, J. F. (2023). Development and validation of a photo-based attitudes scale towards the conservation of semi-arid habitats. *Biodiversity and Conservation*, 32(14), 4805-4829. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02729-1>
- López-Gay, R., Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M. y Castillo Hernández, F. J. (2020). Evidencias para la mejora de la enseñanza de las ciencias. *Dossier Graó*, 5, 39-43.
- Maestre, F. T., Quero, J. L., Gotelli, N. J., Escudero, A., Ochoa, V., Delgado-Baquerizo, M., García-Gómez, M., Bowker, M. A., Soliveres, S., Escolar, C., García-Palacios, P., Berdugo, M., Valencia, E., Gozalo, B., Gallardo, A., Aguilera, L., Arredondo, T., Blones, J., Boeken, B., ... Zaady, E. (2012). Plant Species Richness and Ecosystem Multifunctionality in Global Drylands. *Science*, 335(6065), 214-218.
<https://doi.org/10.1126/science.1215442>

- Mambrey, S., Schreiber, N. y Schmiemann, P. (2022). Young Students' Reasoning About Ecosystems: the Role of Systems Thinking, Knowledge, Conceptions, and Representation. *Research in Science Education*, 52, 79–98. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09917-x>
- Martín, S. (2016). Propuesta metodológica para el diseño de itinerarios didácticos de Ciencias de la Naturaleza. [Trabajo Fin de Máster. Universidad Autónoma de Madrid] https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/671862/DE_14_11.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R. y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 12 (1), 149-166. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10
- Martínez-Valderrama, J., Guirado, E. y Maestre, F. T. (2020). Unraveling Misunderstandings about Desertification: The Paradoxical Case of the Tabernas-Sorbas Basin in Southeast Spain. *Land*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/land9080269>
- Matas, A. (2008). *Los juegos de rol. Un acercamiento psicopedagógico*. Ediciones Adiesoc.
- McNeely, J. A. (2003). Biodiversity in arid regions: Values and perceptions. *Journal of Arid Environments*, 54(1), 61–70. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0890>
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- Mendoza-Fernández, A., Pérez-García, F. J., Martínez-Hernández, F., Medina-Cazorla, J. M., Garrido-Becerra, J. A., Merlo, M. E., Guirado, J. S. y Mota, J. F. (2014). Threatened plants of arid ecosystems in the Mediterranean Basin: A case study of the south-eastern Iberian Peninsula. *Oryx*, 48(4), 548–554. <https://doi.org/10.1017/S0030605313000495>
- Minner, D., Levy, A. y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction. What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 474–496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Moore, F. C., Obradovich, N., Lehner, F., y Baylis, P. (2020). Rapidly declining remarkability of temperature anomalies may obscure public perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(18), 9491-9496.
- Morales, J. (1998). *Guía práctica para la interpretación del patrimonio: El arte de acercar el legado natural y cultural al público visitante*. Empresa Pública de Gestión de Programas Culturales.
- Morales, J. y Ham, S. (2008). ¿A qué interpretación nos referimos? *Boletín de interpretación nº 19. Asociación para la Interpretación del Patrimonio*.
- Mota, J., Cabello, J., Cerrillo, M. I. y Rodríguez-Tamayo, M. L. (Eds.). (2004). *Los Subdesiertos de Almería: naturaleza de cine*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Spain.

- Mota, J. F., Peñas, J., Castro, H., Cabello, J. y Guirado, J. S. (1996). Agricultural development vs biodiversity conservation: the Mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, southeastern Spain). *Biodiversity and Conservation*, 5. 1597-1617. <https://doi.org/10.1007/BF00052118>
- Mota, J. F., Martínez-Hernández, F., Pérez-García, F. J., Mendoza-Fernández, A. J., Salmerón-Sánchez, E. y Merlo, M. E. (2024). Shipwrecked on the Rock, or Not Quite: Gypsophytes and Edaphic Islands. *Plants*, 13(7), 970. <https://doi.org/10.3390/plants13070970>
- Mota, J. F., Martínez-Hernández, F., Salmerón-Sánchez, E., Mendoza-Fernández, A. J., Pérez-García, F. J. y Merlo, M. E. (2023). Spontaneous primary succession and vascular plant recovery in the Iberian gypsum quarries: Insights for ecological restoration in an EU priority habitat. *Plants*, 12(5), 1162. <https://doi.org/10.3390/plants12051162>
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de educación nº extraordinario año 2009. Educar para el desarrollo sostenible*, 195-217.
- Organization for Economic Co-operation and Development [OCDE] (2016). Panorama de la educación 2016: Indicadores de la OCDE. https://www.oecd.org/es/publications/panorama-de-la-educacion-2016_eag-2016-es.html
- Orion, N. (1993) A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325-331. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1993.tb12254.x>
- Orion, N. y Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097–1119. <https://doi.org/10.1002/tea.3660311005>
- Pedretti, E. (2003). Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education. En D. L. Zeidler (Ed.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 219-239). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/1-4020-4996-X_12
- Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 71, 81-90.
- Penuel, W. R. y Fishman, B. J. (2012). Large-scale science education intervention research we can use. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 281-304. <https://doi.org/10.1002/tea.21001>
- Perales, F. J. (2023). Educación Ambiental: Más recursos que palabras. *Digiburg. Universidad de Granada*. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/82414>
- Puig, B. y Evagorou, M. (2020). Design of a Socioscientific Issue Unit with the Use of Modeling: The Case of Bees. *International Journal of Designs for Learning*, 11(1), 98-107. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i1.24142>
- R. D 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 30/03/2022*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217/con>

- Reis, P. (2013). Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. *Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, 3(1), 1–10.
- Reiser, B. J. (2022). Development of OpenSciEd instructional materials and support for NGSS implementation. *OpenSciEd*. <https://www.openscienced.org>
- Rickinson, M., Dillon J., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D. y Benefield, P. (2004) *A review of research on outdoor learning*. National Foundation for Educational Research and King's College. <https://informalscience.org/wp-content/uploads/2019/02/Review-of-research-on-outdoor-learning.pdf>
- Rodríguez, F. y Blanco, Á. (2021). Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas en el contexto del consumo de agua envasada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1803. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1803
- Rodríguez, J. C. E. y Perán, J. E. B. (2020). Conocimiento e intereses sobre los itinerarios y puntos de interés didáctico en Águilas. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9(3). <https://doi.org/10.24310/riccafd.2020.v9i3.9077>
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159-176. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP>
- Ruiz, A., Rico, A., y Guisasola, J. (2024). Aprender sobre el sonido en el grado de educación primaria: Una propuesta de enseñanza basada en la investigación de diseño. *31 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Hacia una educación científica alineada con la Agenda 2030, 2024*, ISBN 978-84-18465-90-1, págs. 907-911, 907-911. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9697864>
- Sadler, T. D., Foulk, J. A. y Friedrichsen, P. J. (2017). Evolution of a Model for Socio-Scientific Issue Teaching and Learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2). <https://doi.org/10.18404/ijemst.55999>
- Sanmartí, N. (2008). Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: La experiencia de la revista Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(3), 301-310.
- Schubert, J. C. (2015). Causes, processes and consequences of “desertification”: Results of a qualitative study about the conceptions of 12- and 13-year-old students in Germany. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 24(2), 148-166. <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.993172>
- Shepardson, D. P., Roychoudhury, A. y Hirsch, A. S. (2017). Seven forms of resistance in the evolution of students' conceptions and understanding of climate change. *Environmental Education Research*, 23(6), 960-979.
- Tal, T., Lavie, N. y Morag, O. (2014). Exemplary practices in field trips to natural environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(4), 430-461. <https://doi.org/10.1002/tea.21137>
- Tilden, F. (1957). *Interpreting our Heritage*. University of North Carolina Press, North Carolina.

- Uskola, A., Seijas, N. y Sanz, J. (2022). Revisión de experiencias sobre prácticas científicas en secuencias educativas de geología con trabajo de campo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), Article 1. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1105
- Zamalloa, T., Sanz, J. S., Maguregi, G., Alonso, M. D. F. y Ugarte, I. E. (2014). Acercar la geodiversidad a través de las salidas de campo en la ESO. Una investigación con el profesorado de ciencias de Bizkaia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), Article 3. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1282>
- Zenteno-Mendoza, B. y Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 2-25. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.01
- Zuza, K., Sarriugarte, P., Ametller, J., Heron, P. R. L., y Guisasola, J. (2020). Towards a research program in designing and evaluating teaching materials: An example from dc resistive circuits in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020149. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020149>