

Percepciones docentes de la enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas en modalidad virtual: un estudio de caso en la preparación de oposiciones docentes de Biología y Geología

Silvia María Rodríguez Torrenova - Universidad Autónoma de Madrid
José Manuel Pérez Martín - Universidad Autónoma de Madrid

 0000-0001-5170-8672
 0000-0002-0658-9050

Recepción: 24.06.2026 | Aceptado: 06.07.2026

Correspondencia a través de **ORCID**: José Manuel Pérez-Martín

 **0000-0002-0658-9050**

Citar: Rodríguez-Torrenova, SM, & Pérez-Martín, JM (2026). Percepciones docentes de la enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas en modalidad virtual: un estudio de caso en la preparación de oposiciones docentes de Biología y Geología. *REIDOCREA*, 15(45), 611-627.

Financiación: Este trabajo está enmarcado en el Proyecto PID2021-122310NB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE (JMP-M)

Estudio de investigación de Tesis Doctoral

Área o categoría del conocimiento: Didáctica de las Ciencias Experimentales

Resumen: La enseñanza virtual de la Geología, específicamente el reconocimiento de minerales y rocas ("visu"), presenta retos al limitar la percepción multisensorial. Este estudio analiza las percepciones de seis preparadores de oposiciones de Biología y Geología sobre dicha enseñanza, mediante un estudio de caso cualitativo, empleando un cuestionario validado. Se evaluaron sus estrategias didácticas, recursos utilizados y su percepción sobre las destrezas científicas desarrolladas por los aspirantes durante la preparación del "visu" en comparación con la modalidad presencial. Los preparadores emplearon colecciones de imágenes multiperspectiva de alta calidad, recursos digitales y visitas a entornos geolocalizados o museos en la preparación del "visu" de minerales y rocas. Todos coinciden en que puede trabajarse virtualmente, pero su correcto aprendizaje involucra a todos los sentidos posibles, lo que impide el desarrollo pleno de destrezas científicas básicas y de investigación. El estudio permite concluir que la virtualización ofrece ventajas logísticas y de accesibilidad, pero no sustituye la experiencia presencial para desarrollar destrezas multisensoriales. Por ello, además de mejorar los laboratorios virtuales y formar al profesorado en el andamiaje digital para la enseñanza del "visu", su virtualización debe entenderse como complemento didáctico, pero no puede sustituir la experiencia presencial.

Palabra clave: Preparación de oposiciones *online*

Teachers' perceptions of teaching mineral and rock identification in an online setting: a case study on preparation for competitive examinations for posts as Biology and Geology teachers

Abstract: Virtual teaching of Geology, specifically the identification of minerals and rocks ("visu"), presents challenges due to the limitation of multisensory perception. This study analyzes the perceptions of six Biology and Geology teacher recruitment examination trainers regarding this type of instruction through a qualitative case study using a validated questionnaire. Their teaching strategies, the resources employed, and their perceptions of the scientific skills developed by candidates during the preparation of the "visu" were evaluated and compared with those developed through face-to-face instruction. The trainers used high-quality multi-perspective image collections, digital resources, and visits to geolocated environments or museums to prepare candidates for the mineral and rock "visu". All participants agreed that it can be taught virtually; however, effective learning involves engaging as many senses as possible, which hinders the full development of basic and investigative scientific skills in an online setting. The study concludes that virtualization offers logistical and accessibility advantages, but it cannot replace the face-to-face experience required for the development of multisensory skills. Therefore, in addition to improving virtual laboratories and training teachers in digital scaffolding strategies for teaching the "visu", its virtualization should be understood as a complementary teaching resource rather than a substitute for in-person learning experiences.

Keyword: Online Preparation for Teacher Recruitment Examination

Introducción

La enseñanza de las ciencias requiere de vincular del conocimiento teórico y práctico (Couso, 2014; Hodson, 1994; Sanmartí et al., 2002; 2011), lo que hace necesario que

los docentes comprendan la naturaleza de la ciencia (Ibáñez-Ibáñez et al., 2019; Lederman, 2007), ya que el profesorado de ciencias tiene el deber moral de difundir cómo se ha construido el pensamiento científico, permitiendo entender a la gente que no son ideas dogmáticas, y evitando que se genere una falsa interpretación sobre de los saberes que la ciencia crea. En esta línea, la enseñanza de las ciencias exige presentar, no sólo los aspectos en los que existe acuerdo, sino también ampliar con otros en los que no hay consenso aún debido a que existe una fuerte interacción entre la sociedad, la ciencia, tecnología, la ética, la economía y la sociología interna de la ciencia (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; García-Carmona, 2021). Este enfoque de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia se ha tomado para la práctica docente y se denomina enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) y presenta a la ciencia como un proceso accesible, debatible (con las herramientas que la ciencia usa, las pruebas) y construible (Blanco López et al., 2017; García-Carmona, 2024; Levinson, 2010).

Sin embargo, y a pesar de esto, los estudios e informes publicados desde principios de siglo hasta ahora siguen mostrando un alejamiento de los estudiantes de secundaria por las ciencias (FECYT, 2018; Rocard et al., 2007). En el caso de España, la desafección por las ciencias se ha asociado con la forma en la que se enseñan (Robles et al., 2015; Solbes et al., 2007), concretamente con metodologías docentes muy teóricas, abstractas y poco prácticas, que además se alejan de la realidad de los estudiantes (Robles et al., 2015; Solbes, 2011; Vázquez y Manassero, 2007). Aunque esto no es exclusivo de nuestro país, y se puede observar en múltiples estudios internacionales (Aschbacher et al., 2010; Polino y Castelfranchi, 2012; Potvin y Hasni, 2014; Tröbst et al., 2016).

En este sentido, la Didáctica de las Ciencias experimentales lleva insistiendo en que la enseñanza debe despertar el interés por las ciencias, sugiriendo utilidad en la vida cotidiana y alejándose de la teoría, para ser aprendida mientras se interacciona con situaciones realistas (Blanco López et al., 2017; NRC, 2011; Perales-Palacios y Aguilera, 2020). Por ello, debemos reducir lo máximo posible la denominada enseñanza pasiva, donde la transmisión del conocimiento se dirige únicamente desde profesorado al estudiantado (Ivic, 2016; Tröbst et al., 2016). Actualmente, se propone el uso de estrategias comunicativas que nos permitan conectar con ellos, favoreciendo así un aprendizaje no sólo de contenidos conceptuales (COSCE, 2011; Eshach, 2011; Osborne, 2014; Pro, 2013; Sanmartí et al., 2011), sino en el que podemos integrar procedimientos, habilidades, actitudes y valores relacionados con los diversos estilos y estrategias de enseñanza (García-Cué et al., 2012; González-Peiteado, 2013), así como acciones educativas que fomenten el sentido crítico (Blanco-López et al., 2015; 2017; OECD, 2018; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2019).

Esta necesidad de conectar con los estudiantes ha conducido a los docentes de ciencias a implementar sesiones prácticas donde vivenciar los aprendizajes que hasta ahora se adquirían de forma teórica, o al menos que complementen las sesiones más pasivas (Pérez-Martín et al., 2026; Tomás-Serrano y Hurtado-Pérez, 2019). En este punto queremos destacar las prácticas de laboratorio y las salidas de campo donde los estudiantes pueden interaccionar con situaciones prácticas y reales (Aguilera, 2018; Flores et al., 2009; Grilli-Silva, 2018) y mejoran las actitudes y aprendizajes (Dávila-Acedo et al., 2015; Del Toro y Morcillo Ortega, 2011).

Sin embargo, en muchas ocasiones, no es económica ni logísticamente posible atender estas necesidades, bien por falta de espacios adecuados, recursos humanos y materiales, e incluso tiempo (Calderón et al., 2015; Tomás-Serrano y Hurtado-Pérez, 2019; Rebelo et al., 2011). Es por ello, cada vez son más docentes los que consideran

que un escenario favorable para potenciar esta mediación dentro del aprendizaje de las ciencias son los laboratorios virtuales (Torres Salas, 2010), que constituyen un recurso que permite simular las condiciones de trabajo de un laboratorio presencial, superando algunas de las limitaciones de estas actuaciones, actividades y propuestas (Calderón et al., 2015; Palacios et al., 2022; Tomás-Serrano y Hurtado-Pérez, 2019). Se entienden como un espacio informático que simula el ambiente de un laboratorio real, destacando su impacto visual y sus animaciones (Infante Jiménez, 2014), lo que permite aprendizajes propios del laboratorio tradicional (López-García y Morcillo Ortega, 2007), y se pueden definir como Entornos Virtuales de Aprendizaje (Marqués, 2012). Infante Jiménez (2014) analiza las ventajas y desventajas del uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas, y propone una utilización que integra la simulación, creando un entorno *blended learning* (*b-learning*), mezcla de actividades presenciales y virtuales, que propicia el autoaprendizaje y el trabajo colaborativo.

Aunque la actitud de los profesores hacia el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro de las aulas es positiva porque mejora el rendimiento de los estudiantes (Andrade-Aguilar et al., 2025; Canales, 2006; Carballo y Fernández, 2005; Lavonen et al., 2022; Méndez-Coca, 2015; Orellana et al., 2004). La realidad es que son numerosos los casos en los que las TIC no están presentes de manera cotidiana en los centros educativos (Gutiérrez, 2018; Hernández, 2017). Los motivos principales son la escasez de recursos económicos y materiales en los centros, la falta de formación del profesorado, falta de motivación y de tiempo para elaborar sus recursos, así como la dificultad para implantar este tipo de herramientas (Bo y Sáez, 2005; Fernández-Carrera et al., 2007; Gutiérrez, 2018). Algo que también se ha visto agravado en la comunidad educativa durante el confinamiento (COVID-19) y las clases telemáticas (García-Fernández et al., 2020; Gutiérrez-Galán et al., 2021).

A pesar de ello, hoy en día, el acceso a internet es una realidad en los centros, y se ha convertido en un soporte técnico imprescindible para el desarrollo de los nuevos modelos de enseñanza (Mejía-Salazar y Gómez-Álvarez, 2017). De hecho, cada vez hay más aplicaciones y recursos tecnológicos que constituyen una fuente de consulta encaminadas a la búsqueda de información, refuerzo de aprendizajes o de trabajo experimental (Torres Carceller, 2019). Un caso paradigmático son los teléfonos móviles, cuyo uso está muy extendido en las aulas (Díaz Levicoy, 2013) con Apps que pueden resultar útiles para el aprendizaje autónomo de la Geología (Mayoral-Alfaro et al., 2018). Con ellos, se pueden utilizar aplicaciones que pueden ser complementos ideales para la formación teórica como la elaboración de modelos 3D (Trnio®) manejo de objetos a partir de fotografías (Sketchfab®) (Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso, 2016).

Además, de estos ejemplos generalistas, es muy frecuente que, en la que las asignaturas de ciencias, se empleen herramientas digitales que reemplacen o complementen la formación a través de laboratorios virtuales (Campos-Mera y Benarroch, 2024). Sin embargo, la Geología, que tradicionalmente ha sido una ciencia a la que se le ha prestado poca atención (Pedrinaci, 2012), presenta escasas experiencias educativas relacionadas con su virtualización (Campos-Mera y Benarroch, 2024). A pesar de ello, se han publicado experiencias educativas basadas en aplicaciones móviles (Mellar y Kambouri, 2004; Pozgaj y Vuksic, 2013; Scornavacca et al., 2009). Concretamente, el caso de INGEOTAB (Pampliega-Higueras, 2017), almacena datos recogidos en estacionamientos geológicos, sustituyendo al tradicional cuaderno de campo; o laboratorios virtuales de tipo STEM en CloudLabs con sesiones para Geología que incluyen clinómetro, brújula, GPS, captura de fotografías y uso de mapas *offline*. Otras experiencias con laboratorios virtuales de Geología en distintos niveles educativos presentan opciones variadas de plataformas digitales, tipo *Moodle*, aplicadas a la enseñanza de la Geología (Aznar-Costa, 2010; Pinto et al., 1998; Verd-

Crespí et al., 2006). Asimismo, existen algunas herramientas que ayudan a virtualizar tridimensionalmente algunos recursos, entre ellos muestras geológicas (Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso, 2016; Herrero et al., 2022).

A pesar de estos ejemplos, la escasez de recursos digitales en la enseñanza de la Geología es mucho mayor que en otros ámbitos (Campos-Mera y Benarroch, 2024). Por ello esta situación agrava los problemas en la etapa de formación inicial y continua del profesorado de Educación Secundaria de la especialidad de Biología y Geología cuando en los últimos años se ha producido una importante oferta de títulos de máster *online*. Los ritmos de vida actuales han generado la demanda de formación virtual para la obtención del título de postgrado habilitante para la docencia en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (Morales-Saldaña et al., 2016). Con ello, la formación de muchos de los futuros docentes de esta etapa se ha visto transformada, pero también se ha extendido esta modalidad a la preparación de oposiciones a cuerpos docentes (Val-Rey et al., 2023). Diferentes estudios han puesto de manifiesto que la formación acerca del conocimiento didáctico del contenido (didáctica, psicología y pedagógica) y del conocimiento del contenido no es igual en modalidad *online* y presencial, pero las ventajas logísticas de la primera han promovido su auge (Albalá et al., 2025; Cui et al., 2023; Merjovaara et al., 2024; Morales-Saldaña et al., 2016).

En esta situación, la enseñanza-aprendizaje de estos contenidos disciplinares, concretamente algunas prácticas de laboratorio centradas en la identificación de muestras, como el “visu” de minerales y rocas, pueden verse comprometidas debido a la virtualización de la formación inicial y de la preparación de la oposición. Esto es así, ya que para ello se requieren del uso de los diferentes sentidos (gusto, tacto, vista, olfato) y en esta modalidad es únicamente posible el uso de la vista. Por lo tanto, la formación del profesorado de Biología y Geología se está impartiendo con esta limitación.

Además, es oportuno indicar que, si bien la formación inicial en ciencias de maestros está más estudiada, la del profesorado de secundaria es más escasa (Aguilar et al., 2016; Torre y Fernández-Río, 2025). Con lo que existe un vacío de conocimiento absoluto en la formación que se recibe en la preparación de oposiciones por parte del profesorado Educación Secundaria Obligatoria de ciencias en esta etapa formativa (Aguilar et al., 2016; Torre y Fernández-Río, 2025). Este *gap* se debe fundamentalmente a que esta etapa final en la educación no formal queda en manos de centros formativos privados, que por razones empresariales no suelen mostrar los resultados de sus procesos formativos.

Por lo tanto, debido a esta dificultad para trabajar virtualmente la identificación de muestras geológicas, resulta necesario conocer cómo se está implementando la docencia en la preparación de oposiciones docentes *online*, en especial respecto al reconocimiento de minerales y rocas.

Objetivos

- Identificar las estrategias docentes que utiliza el profesorado funcionario (preparadores) que imparte clases en el curso *online* de preparación de oposiciones a la especialidad de Biología y Geología.
- Identificar las limitaciones que los preparadores detectan en la formación *online* del futuro profesorado de Educación Secundaria a la hora de trabajar el “visu”.
- Identificar los materiales didácticos que utilizan y recomiendan los preparadores en la formación *online* del futuro profesorado de Educación Secundaria a la hora de trabajar el “visu”.

- Valorar cómo perciben y valoran la formación *online* a la hora de trabajar las destrezas científicas frente a la formación presencial.

Método

Participantes

Una peculiaridad que queremos destacar es que estos educadores, además de ejercer la docencia de la especialidad en su centro de referencia (instituto de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato), es que desarrollan su labor formativa como preparadores del proceso selectivo de oposiciones al Cuerpo de Enseñanza Secundaria dentro del concurso-oposición, en dicha especialidad, en un entorno concreto como es un centro especializado en la preparación de Oposiciones al Cuerpo de Enseñanza Secundaria, dentro de la especialidad de Biología y Geología.

Hemos solicitado la colaboración de la totalidad del claustro de profesores de la especialidad de Biología y Geología de este centro de preparación, conformado por 6 preparadores, quienes ejercen como asesores, orientadores y ejemplo del ejercicio de la docencia, a través del desarrollo de diversas pruebas y prácticas dentro del aula.

Consideramos que es una muestra representativa de impacto potencial, puesto que este centro tiene matriculados a una media de trescientos alumnos por curso de esta especialidad, como aspirantes a docentes; quienes, con la intención de superar las pruebas de la oposición, pretenden ejercer como futuros docentes en un instituto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachillerato, dentro del ámbito nacional español.

Recogida de datos y análisis

Las clases habitualmente se desarrollan en un entorno virtual de aprendizaje, concretamente través de una herramienta digital, en este caso se trata de *Blackboard Inc.*; sistema de gestión de aprendizaje *Blackboard Learn*.

Y precisamente, es en este escenario en el que nos centramos, dado que una de las pruebas a los que los aspirantes a las pruebas de oposición al Cuerpo de Enseñanza Secundaria en esta especialidad, en la mayoría de las Comunidades Autónomas de España, tienen como prueba específica el reconocimiento de muestras (mediante el uso de los sentidos) a través del llamado coloquialmente como “*visu*”.

Diseño y herramienta de análisis

Por nuestra parte, nos planteamos si en la formación *online* se pueden abordar las mismas destrezas que en un entorno presencial, para lo que consultamos a esta muestra de docentes, con las características antes citadas, con el propósito de:

- Conocer el punto de vista del educador acerca de la forma de enseñar y mostrar a los aspirantes una prueba en la que se deben tener en cuenta todos los sentidos.
- Descubrir qué estrategias utiliza el educador para paliar las posibles limitaciones, qué dificultades encuentran y si consideran más apropiada la formación presencial para trabajar este “*visu*” o puede integrar el entorno virtual en las prácticas de laboratorio y análisis geológico, concretamente en el “*visu*” de minerales y rocas.

Para la obtención de la información hemos hecho uso de un cuestionario que ha sido diseñado según las estrategias acordes al desarrollo teórico-científico del tema y ha sido validado por expertos en la temática recogida, no siendo partícipes de este. A continuación, indicamos las preguntas que hemos construido para esta finalidad:

Cuando trabajas en el formato de modalidad online el “visu” de minerales y rocas:

P1.- ¿Consideras que este “visu” se puede trabajar en un entorno/laboratorio virtual? Justifica y explica tu respuesta con todo el detalle que puedas.

P2.- Durante el desarrollo de tus sesiones online habituales, ¿qué estrategias utilizas para que el alumno pueda identificar la imagen gráfica de una muestra de la práctica de “visu”? Si lo consideras, puedes poner un ejemplo.

P3.- ¿Recurres a recursos específicos para que el alumno tenga la posibilidad de analizar el ejemplar con todos los sentidos? Por ejemplo, aportas páginas web, videos temáticos, recursos bibliográficos, museos, exposiciones, les geolocalizas el ejemplo a analizar en un lugar determinado de la ciudad o del entorno físico... Justifica tu respuesta.

P4.- ¿Qué destrezas consideras que están presentes en la práctica virtual y presencial? Rellena el cuadro marcando con “X” si consideras que está presente en la práctica virtual, en la presencial o en ambas. Y deja en blanco el cuadro si consideras que no está presente. Gracias. Para lo que hemos hecho uso de una tabla de registro validada con antelación y utilizada en otras prácticas experimentales como Esquivel-Martín et al (2019); y que ha sido tomada del artículo “Enseñar procedimientos: por qué y para qué” (2013) de Antonio de Pro (Universidad de Murcia).

P5.- ¿Cómo describirías la metodología que utilizas para trabajar este “visu” en el entorno virtual?

P6.- ¿Crees que es más fácil trabajar este “visu” en un laboratorio tradicional? Indica alguna ventaja e inconveniente.

P7.- ¿Qué echas en falta en el entorno virtual para consolidar la formación de tus alumnos en cuanto al visu de minerales y rocas?

Resultados

Los preparadores respondieron de forma unánime que las prácticas de “visu” de minerales y rocas se pueden trabajar en un entorno/laboratorio virtual (P1). Sin embargo, todos señalan que el correcto aprendizaje del reconocimiento involucra a todos los sentidos posibles (gusto, olfato, tacto, etc.), y aunque con la vista se pueden resolver la mayoría, esta estrategia limita la obtención de una formación completa. Por ello, algunos preparadores recomiendan que el alumnado busque ejemplares que puedan manipular sobre los que aplicar una identificación más fiable (A: *“Ciertos minerales y rocas son indistinguibles por su aspecto y es necesario examinar sus propiedades ópticas, dureza, brillo o reactividad química por lo que se requiere para una identificación fiable su manipulación directa”*; E: *“... es deseable que el alumno tenga la oportunidad de manipular estas muestras mediante el uso de un muestrario.”*).

Ante la P2, sobre las estrategias para que el alumno pueda identificar la imagen gráfica de una muestra en la práctica de “visu” virtual, los preparadores destacan el uso de fotografías de las muestras que se trabajan, algo que en modo presencial también se realiza (A: *“Utilizo un número variado de fotografías que comprendan ejemplares de diferentes características”*). Algunos docentes profundizan en la recopilación de

imágenes de alta calidad para desarrollar la sesión (B: *“Han de fijarse en lo que yo les llamo características visuales identificativas, como, por ejemplo, en el caso de minerales, si presenta cristales y cómo son esos cristales; el color, aunque no siempre es característico; el brillo, etc. En el caso de las rocas: la textura (homogénea, heterogénea, con partículas, con cristales); el color (aunque no siempre es característico); y en ocasiones el brillo.”*), así como múltiples fotos del mismo material con distintos enfoques, encuadres e iluminaciones (C: *“Pienso que es muy importante que el alumno pueda manejar diversas imágenes gráficas de cada ejemplar”*). Otros hacen especial énfasis en la relación con un buen conocimiento teórico de base que deben recibir previamente (C: *“...procuro relacionar los ejemplares en estudio con los temas teóricos. Así, por ejemplo, si estudiamos rocas magmáticas lo relacionamos con el tema de magmatismo.”*). Por último, algunos preparadores sugieren visitar museos y otros centros de referencia donde puedan observar las muestras de forma presencial con distintas perspectivas e iluminaciones (E: *“Hago uso de fotos y de referencias a museos o centros de referencia relacionados con esta temática”*). Obviamente, en todas estas estrategias, se pretende suplir la manipulación directa en el aula durante la sesión que aporta más informaciones que las meramente visuales en foto fija, porque esta estrategia limita muchísimo el acceso a la información real que permite el reconocimiento con garantías, dada la gran diversidad de muestras a las que se pueden enfrentar (A: *“...el cuarzo presenta un amplio abanico de variedades (amatista, ágata, citrino, cristal de roca...) y es importante que el alumnado pueda identificar como cuarzo cualquiera de estas, para ello es imprescindible que haya observado y manipulado ejemplares concretos de cada una de ellas.”*).

En lo que respecta a la P3, cuando se pregunta a los preparadores sobre recursos específicos para que el alumno tenga la posibilidad de analizar el ejemplar con todos los sentidos, sus respuestas indican que utilizan fundamentalmente fotografías que ellos mismos recopilaban (F: *“Utilizo las fuentes tradicionales para identificar en fotografía la muestra a analizar y posteriormente les comparto imágenes que incluso personalmente he ido recopilando a lo largo de mis años de formación; también les pongo ejemplos de dónde se pueden encontrar en un entorno natural determinado”*). Estas imágenes tienen distintas fuentes y en ellas se aprecian diferentes enfoques de las muestras (E: *“aunque en ocasiones se hace difícil encontrar muestras de calidad para poder analizar las diferentes tipologías”*); algunos preparadores mencionan el uso de herramientas digitales (D: *“Tradicionalmente nos hemos servido de fuentes bibliográficas para hacer un estudio de los ejemplares; actualmente podemos recurrir a páginas de internet como blogs de IES, videos como MiriadaX, Mundo mineral, ...”*) o recursos naturales (F: *“también les pongo ejemplos de dónde se pueden encontrar en un entorno natural determinado”*), así como guías de reconocimiento de minerales y rocas, o visitas a museos (B: *“las “guías” de reconocimiento de minerales y rocas que vienen ilustradas con imágenes bastante buenas. Algunas páginas web y museos también.”*).

En este punto, cabe destacar que, dependiendo del entorno físico de cada estudiante, la geolocalización también es una herramienta de interés (B: *“En cuanto a la geolocalización, depende del entorno físico de cada uno. Pueden ser las montañas cercanas o bien las casas antiguas construidas con una gran diversidad de rocas.”*). En todo caso, todos los preparadores se sienten insatisfechos en cierta medida por las carencias que este tipo de metodologías presentan para esta enseñanza práctica virtual (A: *“No siempre puedo hacerlo (enseñar una imagen concreta), porque no dispongo de ellas en todas las ocasiones”*). Además, indican que es *“más complicado [el reconocimiento] en minerales que en rocas.”* (preparador E).

Una de las cuestiones importantes, derivada del uso de laboratorios virtuales en la enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas, fue las destrezas que se demandan en este tipo de prácticas en comparación a las que se ponen en juego cuando se realizan

de forma presencial (P4). Por ello, cada preparador indicó su percepción en cada uno de los escenarios, marcando en esta tabla de destrezas científicas (de Pro, 2013).

Como se puede apreciar en la tabla 1, presentamos las 22 destrezas científicas que los preparadores estiman necesarias poner en juego para un correcto desarrollo de la actividad en la modalidad presencial, para compararlas con las que estiman se demandan en un entorno virtual. En este sentido se puede ver que la destreza comunicativa que se estima necesaria en la modalidad presencial se puede cubrir también en formato virtual. Sin embargo, las destrezas básicas, técnicas y de investigación, tienen carencias en algunos casos y/o no es unánime que se puedan poner en juego, según los docentes.

Tabla 1. Destrezas científicas en escenarios de aprendizaje virtuales y presenciales para la enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas en base a de Pro, (2013).													
TIPO	DESCRIPCIÓN	Virtual						Presencial					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
Básicas	PREPARADOR												
	Identificación y descripción de propiedades observables (con vista, olfato, oído, gusto, tacto).							x	x	x	x	x	x
	Selección de criterios de clasificación.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Diseño y utilización de claves propias.		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
	Registro de datos cuantitativos (medición: lectura y unidades).							x	x	x	x	x	x
	Manipulación de símbolos y formalismos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Técnicas	Organización y representación de datos en tablas, gráficas, etc.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Utilización de técnicas básicas de laboratorio.							x	x	x	x	x	x
	Utilización de técnicas audiovisuales (grabaciones, filmaciones, fotografías...)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Utilización de técnicas relacionadas con los móviles, i-Pad, tablets...	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x
	Utilización de aparatos audiovisuales e informáticos.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Utilización de programas, aplicaciones... informáticas.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
De investigación	Interpretación de datos y reconocimiento de muestras.				x		x	x	x	x	x	x	x
	Identificación de variables asociadas a un problema concreto.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Identificación de hechos y fenómenos observables.		x				x	x	x	x	x	x	x
	Realización de predicciones a partir de observaciones, experiencias o hallazgos.	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
	Identificación de estrategias para resolver un problema.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Emisión de hipótesis a partir de un marco teórico.	x	x			x	x	x	x		x	x	x
	Emisión de hipótesis ante las preguntas de investigación a partir de observaciones y experiencias.		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Identificación e interpretación de datos y observaciones.		x				x	x	x	x	x	x	x
	Identificación y selección de pruebas para respaldar una afirmación).	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Establecimiento de conclusiones a partir de resultados.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Comunicativas	Representación simbólica de observaciones.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Concretamente, las destrezas básicas (6) como *Identificación y descripción de propiedades observables (con vista, olfato, oído, gusto, tacto) o registro de datos cuantitativos (medición: lectura y unidades)* no son identificadas como destrezas

puestas en práctica en la modalidad virtual, en opinión de ninguno de los preparadores consultados. Mientras que *diseño y utilización de claves propias* es considerada como demandada y puesta en práctica por cuatro de los seis preparadores consultados. El resto de las destrezas básicas son demandadas en modalidad virtual, según todos los preparadores. En cuanto a las destrezas técnicas (5), destacaríamos que la *utilización de técnicas básicas de laboratorio* no es demandada por ninguno de los preparadores consultados en la modalidad virtual. Por otro lado, llama la atención, que la destreza vinculada a *utilización de técnicas relacionadas con los móviles, i-Pad, tablets, etc.*, sólo ha sido tenida en cuenta por cuatro de los seis preparadores en el caso de sesiones virtuales. Finalmente, el resto de las destrezas técnicas son consideradas por la totalidad del claustro de preparadores consultados.

Por último, las destrezas de investigación (10) como *interpretación de datos y reconocimiento de muestras, identificación de hechos y fenómenos observables, identificación e interpretación de datos y observaciones*, son consideradas posibles, en la modalidad virtual, únicamente por dos de los seis preparadores; mientras que otras destrezas de investigación son consideradas por la mayoría de formadores; cuatro o cinco de los miembros consideran que se ponen en juego, en modo virtual, destrezas de investigación como *realización de predicciones a partir de observaciones, experiencias o hallazgos, emisión de hipótesis a partir de un marco teórico, emisión de hipótesis ante las preguntas de investigación a partir de observaciones y experiencias, identificación y selección de pruebas para respaldar una afirmación*).

Posteriormente, en la P5, los docentes indicaron qué estrategia didáctica utilizan para trabajar estas sesiones de enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas. Todos reconocieron que la inmensa mayoría del trabajo se desarrolla empleando como sentido de referencia la vista, pero con matices, ya que algunos describen la muestra (A: *“La ventaja de trabajar en un laboratorio tradicional es la posibilidad de manipulación directa de los ejemplares que permite al alumnado registrar información no solo sobre sus características visuales sino también sobre el tacto, resistencia a ser rallado, etc. (algo muy útil en el estudio de minerales y rocas). Sin embargo, el trabajo en un laboratorio requiere que el alumnado se desplace y ciña a unos horarios concretos y esto no siempre le será posible”*), usando claves dicotómicas (B: *“En un laboratorio tradicional se aprecian mejor [los] aspectos visuales como el volumen, la forma o el brillo. Además, en determinadas muestras, si fuera necesario se puede apreciar el tacto y el gusto”*; B: *“El inconveniente es tener suficientes muestras. No tan solo de diferentes minerales/rocas ... sino también de un mismo mineral/roca, ya que éstos suelen presentar en la naturaleza variedades que cambian su color, textura, aspecto, etc.”*) o incluso realizando tareas en grupos de trabajo (F: *“Personalmente, me gusta más trabajar en un laboratorio tradicional porque me encuentro más cómodo con los alumnos, pero entiendo que los tiempos van cambiando y nos debemos adaptar a la forma de enseñar más tecnológica”*). Aunque también hay otros docentes que sugieren el uso de espacios y lugares especiales (C: *“presentarlos en el contexto de la vida cotidiana en monumentos o edificios emblemáticos; Si la prueba es sobre ejemplares reales, el laboratorio tradicional es imprescindible. Si es sobre imágenes gráficas se puede trabajar perfectamente en un entorno virtual”*), así como utilizando “aplicaciones tecnológicas” (D: *“El hecho de poder usar todos los sentidos en el reconocimiento facilita la tarea de este estudio, pero hoy en día considero que los recursos digitales nos aportan una visión muy completa y la tendencia educativa es hacer cada vez mayor uso de estas herramientas tecnológicas”*).

En todo caso, aunque todos los preparadores consideran que la enseñanza del “visu” es posible en modalidad virtual (P6), e incluso tiene sus ventajas, como la reducción de la logística, ya que reduce “las dificultades a nivel organizativo o la necesidad de desplazamiento a un laboratorio tradicional o disponer del tiempo adecuado para ello”

(A: *“Echo en falta la retransmisión de experiencias que permitan una mejor identificación de los ejemplares. En otras palabras, ya que el alumnado no podrá experimentar por sí mismo, al menos podrá observar cómo su profesor realiza esta experiencia o comparte vídeos de estas o consejos para realizarlas en el entorno doméstico”*). Asimismo, también supera “la limitación en tener un número suficiente de muestras en un laboratorio tradicional” (B: *“Imágenes de mayor calidad. Eliminar las imágenes de minerales o rocas que no son habituales en nuestro entorno”*). Por último, los preparadores E y F insisten que es una tendencia histórica que *“la forma de enseñar es cada vez más tecnológica”*, y que *“Una mayor formación a los docentes para poder hacer un uso adecuado de las herramientas tecnológicas que nos ayude a combinar la enseñanza tradicional y el aprendizaje virtual., formación digital”*). A pesar de ello, esta virtualización del laboratorio de geología para trabajar el “visu” limita la demanda en el uso de los sentidos para el reconocimiento de muestras (A y E: *“en el entorno tradicional se puede hacer un mayor uso de todos los sentidos”*), ya que queda reducido al uso de la vista *“Que puedan ser palpables y realizar un análisis en vivo de la muestra.”*.

Por último, y a raíz de la P6, los educadores comentaron que los entornos virtuales suelen carecer de imágenes objeto de análisis con suficiente calidad (B: *“imágenes de mayor calidad”*)

Fruto del análisis de estas cuestiones, hemos podido comprobar que los preparadores utilizan recursos digitales complementarios que tienen a su alcance o bien, investigan y se forman en la obtención de nuevos recursos, con el fin de facilitar la tarea de aprendizaje de los aspirantes. Por lo tanto, los preparadores ofrecen recursos como aplicaciones y recursos en red o en el entorno natural, para practicar el reconocimiento de minerales y rocas. A partir de los ejemplos recogidos de las respuestas obtenidas en las preguntas número 2, 3 y 6 se ha elaborado la tabla 2.

Tabla 2. Páginas web y aplicaciones complementarias para las sesiones de “visu” de minerales y rocas.	
Recursos recomendados por los preparadores en sus clases de preparación del “visu”	
Descripción de la fuente	Enlace
Instituto Geominero de España	www.igme.es
Asociación española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra	www.aepect.org www.aepect.org/13a-olimpiada-espanola-de-geologia/
Divulgación de la Geología en Cataluña	www.espaigea.cat
Proyecto de innovación Geodocente (UAM)	www.researchgate.net/project/GEODOCENTE-Materiales-docentes-de-geologia
Curso formación MiriadaX (no disponible actualmente)	www.miriadax.net/web/reconocimiento-de-rocas-y-minerales-6-edicion
Aplicación Móvil para el reconocimiento visual de minerales y fósiles	Geobrary. https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/343197

Discusión

El análisis de los procesos formativos no reglados del profesorado de Educación Secundaria y Bachillerato, específicamente en el ámbito de la enseñanza de la Geología mediante laboratorios virtuales, demanda un posicionamiento metodológico que trascienda la mera descripción cuantitativa y aborde la complejidad fenomenológica de estos espacios educativos. Históricamente, la investigación sobre la formación del profesorado de Educación Secundaria se ha concentrado en las etapas iniciales universitarias, dejando un vacío epistemológico sustancial en torno a la fase de preparación de oposiciones (Aguilar et al., 2016). Esta fase, predominantemente gestionada por academias y centros privados, actúa como un dispositivo central de socialización profesional que modela las concepciones didácticas de los aspirantes justo antes de su incorporación a las aulas.

A pesar de las limitaciones inherentes al muestreo incidental, el estudio nos ha permitido conocer la forma en la que se imparte un contenido de ámbito de la Geología en modalidad virtual en una etapa formativa que cuenta con un tradicional hermetismo propio de los centros privados de preparación de oposiciones. Así, el estudio permite conocer detalles sobre una etapa formativa "invisible" en la literatura científica (Aguilar et al., 2016).

Los resultados obtenidos permiten iniciar la comprensión de la enseñanza del reconocimiento de minerales y rocas ("*visu*") en entornos virtuales, situando este fenómeno en el marco más amplio de la formación docente y el uso de tecnologías digitales en la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Según los docentes participantes, el "*visu*" de minerales y rocas puede desarrollarse en entornos virtuales. Aunque, la impartición está condicionada por una restricción fundamental: la reducción del aprendizaje al canal visual. Esta situación limita la puesta en marcha de algunas destrezas científicas propuestas por de Pro (2013) y que en general se adquieren al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria. En concreto, se ha visto que esta actividad en modalidad presencial pone en práctica una amplia selección de todas las destrezas científicas, mientras que la modalidad virtual no lo permite. Entre ellas, aquellas que requieren de la interpretación de datos percibidos por otros sentidos que no sean la vista, como la identificación y descripción de propiedades observables, interpretación de datos y reconocimiento de muestras, identificación de hechos y fenómenos observables entre otras. En este sentido, los docentes indican que la virtualidad implica una pérdida del acceso a datos de las muestras que ayudan a la identificación, como podrían ser la percepción de ligereza relativa (densidad o peso específico), suavidad, mediante el tacto, el olor o el sabor mediante el gusto o el olfato; así como la manipulación expresa de la muestra para valorar la raya o el magnetismo, que no pueden ser valoradas por la vista.

Este hallazgo se alinea con la literatura previa sobre laboratorios virtuales, que reconoce su capacidad para favorecer el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico cuando se utilizan metodologías activas (Cabanillas-García, 2025), pero advierte de su limitación para reproducir experiencias multisensoriales propias del laboratorio presencial (Aquilino et al., 2018; De Paor, 2016; Duque y Barco, 2013; Gutiérrez-Galán et al., 2021). En el caso concreto de la Geología, esta limitación resulta especialmente relevante, ya que el reconocimiento de minerales y rocas se fundamenta en propiedades en cuya detección se demanda el uso integrado de múltiples sentidos (tacto, dureza, textura o incluso reactividad). Tanto es así que se ha llegado a realizar este tipo de formaciones con colectivos invidentes (López-Acevedo et al., 2020).

A pesar de ello, la valoración que le otorgan los preparadores de nuestro estudio es positiva y similar a las realidades de docentes y estudiantes analizadas en otras formaciones de postgrado virtuales (Albalá et al., 2025; Val-Rey, 2025; Vega y Barrantes, 2022), donde se evidencia que, a pesar de las limitaciones didácticas o pedagógicas, se prefiere la formación *online* (Albalá et al., 2025; Cui et al., 2023; Merjovaara et al., 2024). Esto se debe porque permite salvar limitaciones geográficas y temporales, reduciendo costes y necesidades logísticas, eliminando desplazamientos. Con lo que las hace más accesibles, flexibles y permiten personalizar el aprendizaje, entre otras, aunque obvian sus perjuicios relativos a la profundidad de los aprendizajes (Cui et al., 2023; Merjovaara et al., 2024).

Por otro lado, un estudio reciente sobre laboratorios virtuales en la enseñanza de las diferentes disciplinas científicas pone de manifiesto que la innovación educativa a este respecto en Geología es prácticamente nula (Campos-Mera y Benarroch, 2024). En este

sentido, aunque la innovación educativa en la enseñanza virtual de la Geología es escasa, Cho, (2020) muestra que existen algunos recursos virtuales que divide en aprendizajes basados en conferencias, excursiones al campo y actividades de laboratorio. De este modo, las pocas herramientas disponibles están poco extendidas, como es el caso del Proyecto GeoDocente (Giner-Robles, 2018; Giner-Robles et al., 2021); o son herramientas que no están disponibles en abierto como el laboratorio virtual para reconocimiento de minerales y rocas: DIGIECOQUARRY (Ortiz et al., 2022); o el laboratorio virtual 3D de rocas sedimentarias (Herrero-Fernández et al., 2023). En todo caso, estas estrategias virtuales de enseñanza no pueden y no deben reemplazar el aprendizaje dentro de un medio físico y tradicional, puesto que la geología en sí misma pretende aumentar la capacidad de comprensión del mundo físico natural (Cho, 2020). De igual modo De Paor (2016) indicaba que los laboratorios virtuales sirven de apoyo, pero que realmente son útiles cuando el alumnado previamente ha trabajado y manipulado las muestras físicas.

En este sentido, y a pesar de que los docentes admiten que una práctica virtual centrada en el reconocimiento de muestras no permite utilizar plenamente las destrezas científicas requeridas para ello, se desarrolla un proceso de reconfiguración metodológica coherente para llevar a cabo una adaptación didáctica en entornos virtuales. En esta reconfiguración, el docente actúa como mediador que compensa la ausencia de manipulación directa mediante andamiajes visuales y conceptuales tal y como indican para casos similares Crujeiras y Jiménez-Aleixandre (2018). En cualquier caso, el modelo de virtualización de la enseñanza del “*visu*” evidencia una limitación estructural de su enseñanza en lo que respecta al uso de destrezas científicas basadas en la percepción multisensorial. Lo que se ha demostrado en la enseñanza obligatoria cuando se trabaja con libros de texto y sin materiales de laboratorio (Laita et al., 2018). Así mismo, Mazas et al., (2018) proponen el uso de muestras de mano para mejorar la construcción del modelo de mineral, incluso sin pretender abordar la identificación de muestras geológicas.

Debido a esta limitación que deriva de la carencia de herramientas virtuales para impartir estos contenidos, los docentes que participaron en el estudio describieron los materiales y estrategias didácticas que utilizaron, entre las que destacan colecciones amplias de imágenes y fotografías de alta calidad, con múltiples perspectivas de cada muestra, y en cuya presentación se integraron contenidos teóricos de forma explícita. Asimismo, se utilizaron recursos digitales como *webs*, vídeos o *Apps*. Aunque también mencionaron visitas a lugares geográficos concretos donde pudiesen manipular o visualizar de forma más cercana las muestras como pueden ser museos, edificios o estructuras geolocalizadas, donde se encuentran los materiales a estudiar. En este sentido, y queda evidenciado en el trabajo, algunas *webs* o materiales digitales dejan de estar disponibles en abierto por cambios o actualizaciones de *software* (Da Silva et al., 2023; García-Zubia et al., 2009).

En este sentido, el uso de museos digitales y recursos geolocalizados emergen como una estrategia especialmente relevante (Illobre y Belinchón, 2020; Martínez-Martínez, 2019), permitiendo conectar el aprendizaje con contextos reales del entorno próximo y cotidiano. Así mismo favorecen procesos de indagación y contextualización de este conocimiento (Jiménez-Millán et al., 2008) en el marco del enfoque CTSA, aspectos clave para el desarrollo de competencias científicas y pensamiento crítico. Sin olvidar que permite poner en marcha destrezas científicas básicas y de investigación que la modalidad virtual no puede. Por lo que, se ha llegado a proponer musealizar la ciudad para incrementar la visibilidad de los museos y sus muestras (Illobre y Belinchón, 2020) con rutas patrimoniales en la ciudad donde se combina la valorización del patrimonio con el reconocimiento de materiales geológicos de uso humano (Belinchón et al., 2018; Martínez-Martínez, 2019).

Desde una perspectiva didáctica, los resultados sugieren que las herramientas virtuales relativas a la enseñanza del “*visu*” desplegadas en este estudio no permiten sustituir por completo la experiencia directa. Por lo tanto, las herramientas virtuales construyen otro tipo de aprendizaje, pasando de uno experiencial y práctico (presencial) a otro predominantemente visual y conceptual. De tal modo que, para la enseñanza de minerales y rocas, los laboratorios virtuales deben entenderse como complementos y no sustitutos de la enseñanza experimental tradicional, lo que también se ha señalado en estudios previos sobre educación científica en general (De Paor, 2016).

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto que la enseñanza del “*visu*” en entornos virtuales constituye un campo aún emergente, con escaso desarrollo en comparación con otras disciplinas científicas. Esto se debe fundamentalmente a la escasez de imágenes disponibles o con la suficiente calidad para mostrar la variabilidad real de los materiales y, sobre todo, la imposibilidad de la manipulación directa y la percepción de otras propiedades de la muestra. Con ello, los entornos virtuales dificultan el desarrollo óptimo del aprendizaje de la Geología, al menos en lo que a la identificación de muestras se refiere. Por ello, existe una necesidad de impulsar líneas de investigación e innovación educativa específicas en Geología, orientadas a diseñar laboratorios virtuales más interactivos y multisensoriales, que integren metodologías activas basadas en la indagación y que favorezcan la conexión entre el aprendizaje virtual y la experiencia real.

En todo caso, superar estas limitaciones de cualquier forma puede suponer correr el riesgo de convertir estos entornos virtuales en meros repositorios estáticos de imágenes si no se acompañan de estrategias didácticas adecuadas (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2018), ya que su potencial educativo depende de una integración didáctica adecuada y de su combinación con experiencias presenciales. Así, debemos establecer sinergias entre la virtualización y la presencialidad (Martillo-Pazmiño et al., 2016) que pasan necesariamente por el desarrollo de repositorios de alta calidad, la incorporación de tecnologías avanzadas (modelado 3D, realidad aumentada), la virtualización de museos, la creación de *Apps* de geolocalización para el entrenamiento en el reconocimiento de minerales y rocas. Sin olvidar la formación del profesorado en competencias digitales y didácticas en el ámbito de la Geología.

Referencias

- Acevedo Díaz, JA, & García-Carmona, A (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 319. <http://hdl.handle.net/10498/18010>
- Aguilar, JM, Álvarez, J, & Lorenzo, JJ (2016). Estudio sobre las pruebas de la oposición de acceso a la función pública docente. Variables influyentes en cada fase de oposición. *Educación XX1*, 19(1), 357-379. <https://doi.org/10.5944/educXX1.14477>
- 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), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Albalá Genol, MA, Etchezahar, E, Gómez Yepes, T, & Maldonado Rico, A (2025). ¿Hacia la virtualización del Máster de Formación del Profesorado de España? Percepciones del alumnado y variables implicadas. *Revista interuniversitaria de Formación del Profesorado* 39(3), 187-202. <https://doi.org/10.47553/rifop.v39i3.115239>
- Andrade-Aguilar, DG, Pineida-Tacuri, YC, Carvajal-Castro, AE, & Briones-Aguirre, CI (2025). Aprendizaje mediado por tecnologías de la información y la comunicación. *RICEd: Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 3(5), 152-161. <https://doi.org/10.53877/riced3.5-69>
- Aquilino, M, Herrero, Ó, Escaso, F, Narváez Padilla, I, Novo, M, Ortega, F, Planelló, R, & Pérez-Martín, JM (2018). Uso de recursos didácticos y laboratorios virtuales como TIC para enseñanza de la Biología. En ML González Montero de Espinosa, A Baratas Díaz, A Brandi Fernández (Eds), *Jornadas sobre investigación y didáctica en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: V Congreso Internacional de Docentes del ámbito STEM. Experiencias docentes y estrategias de innovación educativa para la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas* (355-362). Madrid: Santillana.
- Aschbacher, PR, Li, E, & Roth, EJ (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 564–582. <https://doi.org/10.1002/tea.20353>

Aznar-Acosta, J (2010). Moodle en la enseñanza de la Geología: iniciación práctica al manejo de una plataforma Moodle. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2), 174- 181.

Belinchón, M, García, E, Aceituno, L, & Ruiz, P (2018). Animales Inanimados. Rutas escultóricas por la ciudad de València. Ajuntament de València.

Blanco-López, Á, España-Ramos, E, González-García, FJ, & Franco-Mariscal, AJ (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164-198. <https://doi.org/10.1002/tea.21188>

Blanco-López, Á, España-Ramos, E, & Franco-Mariscal, AJ (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>

Bo, RM, & Sáez, A (2005). Dimensiones obtenidas en los obstáculos percibidos para la integración de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) por parte de los profesores de la Comunidad Valenciana. *Actas del XII Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa: investigación e innovación educativa*.

Cabanillas-Garcia, JL (2025). The Application of Active Methodologies in Spain: An Investigation of Teachers' Use, Perceived Student Acceptance, Attitude, and Training Needs Across Various Educational Levels. *Education Sciences*, 15(2), 210. <https://doi.org/10.3390/educsci15020210>

Calderón, SE, Núñez, P, Di Laccio, JL, Iannelli, LM, & Gil, S (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 12(1), 212-226.

Campos-Mera, G, & Benarroch Benarroch, A (2024). Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias: una revisión sistemática. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 42(2), 109-129. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6040>

Canales Reyes, R (2006). Estudio de opinión y necesidades formativas de profesores, en el uso e integración curricular de las TIC, para sustentar una propuesta de formación orientada a la innovación didáctica en el aula. *DIM: Didáctica, Innovación y Multimedia*, 5, 1-22.

Carballo Santaolalla, R & Fernández Díaz MJ (2005). La actitud del profesorado de primaria y secundaria de la Comunidad de Madrid ante las TIC: problemática y claves para su integración. *Actas del XII Congreso de Investigación Educativa: Investigación en Innovación Educativa*.

Cho, Y (2020): Integration of virtual learning in college geology education. *Theses and Dissertations*. 2767. <https://hdl.handle.net/11668/18470>

COSCE (2011) Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. COSCE.

Couso, D (2014). La moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía).

Crujeiras, B, & Jiménez-Aleixandre, MP (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación

del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(2), 23–42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>

Cui, Y, Ma, Z, Wang, L, Yang, A, Liu, Q, Kong, S, & Wang, H (2023). A survey on big data-enabled innovative online education systems during the COVID-19 pandemic. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100295. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100295>

da Silva, IN, Garcia-Zubia, J, Hernández-Jayo, U, & da Mota Alves, JB (2023). Laboratorios remotos extendidos: una revisión sistemática de la literatura de 2000 a 2022. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Access*, 11, 94780-94804. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3271524>

Dávila-Acedo, MA, Borrachero Cortés, AB, Cañada Cañada, F, Martínez Borreguero, MG, & Sánchez Martín, J (2015). Evolución de las emociones que experimentan los estudiantes del grado de maestro en educación primaria, en didáctica de la materia y la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 550–564.

De Paor, D (2016). Virtual rocks. *Geological Society of America Today*, 26(8), 4-11. <https://doi.org/10.1130/GSATG257A.1>

Del Toro R, & Morcillo JG (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 39-47.

Díaz Levicoy, D (2013). TIC en Educación Superior. Ventajas y desventajas. *Educación y Tecnología*, 4, 44-50.

Duque, JE, & Barco, J (2013). Enseñanza de la ciencia sin experimentación por demostración versus enseñanza por virtualización de la experimentación. *Archivos de Medicina*, 13(2), 226–232.

Eshach, H (2011). Science for young children: A new frontier for science education. *Journal of Science Education & Technology*, 20, 435-443.

Esquivel-Martín, T, Bravo-Torija, B, & Pérez-Martín, JM (2019). La biodiversidad como herramienta para la enseñanza integrada de las Ciencias Naturales y las Matemáticas. *Educación y futuro: revista de investigación aplicada y experiencias educativas*, 40, 135-154.

FECYT (2018). Principales resultados de la encuesta de percepción social de la ciencia 2018.

Fernández-Carrera, MT, Herreras-Belled, MV, Asensio-Muñoz, MA, & Gregori-Montesinos, X (2007). Experiencia del uso de las TIC en el aula en biología y geología de 3º ESO. En R Roig Vila, S Mengual Andrés, F Pastor Verdú (Eds), *TIC@aula 2007. Aula digital: I Congreso Internacional Escuela y TIC, IV Fórum Novadores: Más allá del Software Libre*, (27). Alicante: Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.

Fernández-Lozano, J, & Gutiérrez-Alonso, G (2016). Aula 3.0: Una nueva forma de aprender geología. El uso de las Apps Trnio® y Skechfab® para construir modelos 3D con el móvil. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 163-168.

Flores, J, Caballero, MC, & Moreira, MA (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 68(33), 75-111.

García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1).
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108

García-Carmona, A. (2024). "El coronavirus es un ser vivo?". Una situación de aprendizaje basada en la lectura para tratar la revisabilidad del conocimiento científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(3), 3205.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i3.3205

García-Cué, JL, Sánchez-Quintanar, C, Velázquez-Jiménez, M, & Gutiérrez-Tapias, M (2012). Estilos de aprendizaje y estrategias de aprendizaje: Un estudio en discentes de postgrado. *Revista de estilos de aprendizaje*, 5(10), 65-78.
<https://doi.org/10.55777/rea.v5i10.961>

García-Fernández, N, Rivero-Moreno, ML, & Ricis-Guerra, J (2020). Brecha digital en tiempos del COVID-19. *Revista educativa digital HEKADEMOS*, 28, 76-85.

García-Zubia, J, Orduna, P, Lopez-de-Ipina, D, & Alves, GR (2009). Addressing Software Impact in the Design of Remote Laboratories. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Industrial Electronics*, 56(12), 4757-4767,
<https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2026368>

Giner-Robles, JL (2018). Geodocente. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (91), 79-82.

Giner-Robles, JL, Canora-Catalán, C, Rodríguez-Escudero, E, Elez, J, Silva, PG, Bardají, T, Roquero, E, Pérez-López, R, Rodríguez-Pascua, MA, Gómez-Heras, M, Oliva-Urcia, B, & Ortuño-Candela, M (2021). Iniciativa GeoDocente: compartiendo recursos docentes de geología. *Geo-Temas*, 18, 661.

González-Peiteado, M (2013). Los estilos de enseñanza y aprendizaje como soporte de la actividad docente. *Revista de estilos de aprendizaje*, 6(11), 51-70.
<https://doi.org/10.55777/rea.v6i11.971>

Grilli-Silva, J (2018). El material natural en la Biología escolar. Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1104.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1104

Gutiérrez, CA (2018). Herramienta didáctica para integrar las TIC en la enseñanza de las ciencias. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía, RIIEP*, 11(1), 101-126.

Gutierrez-Galán, D, López, LD, Morales, JPD, & Navarro, AR (2021). Adaptación de prácticas de laboratorio presenciales a no presenciales debido a la COVID-19: Descripción, análisis y evaluación de una propuesta fallida. En A Vico, L Vega, O Buzón (Coords), *Entornos virtuales para la educación en tiempos de pandemia: Perspectivas metodológicas* (1295-1311). Dykinson.

Hernandez, RM (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347.
<https://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>

Herrero-Fernández, MJ, Escavy, JI, Pérez-Fortes, AP, Ortiz, JE, Trigos-Luque, L, & López-Acevedo, FJ (2022). Modelos 3D de rocas para docencia virtual en Ciencias de la Tierra. En TM Loureiro Cardoso (Ed), *Educação: Movimento, Saberes que movimentam* (39-50), Editora Artemis.

Hodson, D (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 12(3), 299-313.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>

Ibáñez-Ibáñez, MM, Romero-López, MC, Jiménez-Tejada, MP (2019). ¿Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria? *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 37(3), 49-71.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2668>

Illobre Jiménez, S, Belinchón García, M (2020). Museos para los nuevos tiempos: la naturaleza desde varios puntos de vista. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(2), 167-175.

Infante Jiménez, C (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.

Ivic, S (2016). Frequency of Applying Different Teaching Strategies and Social Teaching Methods in Primary Schools. *Journal of Education and Practice*, 7(33), 66-71.

Jiménez-Millán, J, Alfaro, P, Muñoz, MC, Cañaveras, JC, Alfaro, NC, González-Herrero, M, López-Martín, JA, & Andreu, JM (2008). Actividades didácticas con minerales y rocas industriales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(3), 295-308.

Laita, E, Mateo, E, Mazas, B, Bravo, B, & Lucha, P (2018). ¿Cómo se abordan los minerales en la enseñanza obligatoria? Análisis del modelo de mineral implícito en el currículo y en los libros de texto en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 256-256.

Lavonen, J, Vera-Vasquez, CG, Inkinen, J, Juuti, K, Salmela-Aro, K, & Villalba-Condori, K (2022). Engaging students in secondary science learning through the scientific and engineering practices and use of digital tools. En *Congreso Internacional de Tecnología e Innovación Educativa 2022*. (92-100). CEUR Workshop Proceedings.

Lederman, NG (2007). Nature of Science: Past, Present and Future. En SK Abell, NG Lederman (Eds), *Handbook of research on science education* (831-879). Lawrence Erlbaum Associates.

Levinson, R (2010). Science education and democratic participation: An uneasy congruence? *Studies in Science Education*, 46(1), 69-119.
<https://doi.org/10.1080/03057260903562433>

López-Acevedo, V, Pilán-Asián, MD, Alcalde-Fuentes, MR, López-Andrés, S, Goñi, J, & Chicote, JC (2020). Método didáctico inclusivo para el reconocimiento háptico de minerales, rocas y fósiles: diseño y claves pedagógicas (parte I). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(2), 189-198.

López-García, M & Morcillo Ortega, JG (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 562-576.

Marqués, P (2012). Impacto de las TIC en la educación. Funciones y limitaciones. Universidad Autónoma de Barcelona.

Martillo-Pazmiño, I, Segarra, P, Hidalgo, W, Delgado-Vera, S (2016) El E-learning, B-learning, M-learning, para el aprendizaje significativo en una sociedad del conocimiento, aplicado como herramientas tecnológicas en el aula. En MR Tolozano Benítez (Ed), *Memorias del segundo Congreso Internacional de Ciencias Pedagógicas: Por una educación innovadora, para un desarrollo humano sostenible.* (1221-1235).

Martínez-Martínez, J (2019). Los monumentos como laboratorios de geología: Actividades didácticas para el estudio del patrimonio arquitectónico desde las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(1), 66-74.

Mayoral-Alfaro, E, Fernández Caliani, JC, Santos, A, & Campina, A (2018). Geobrapy®: una aplicación móvil para el reconocimiento visual de minerales y fósiles. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 361-365.

Mazas, B, Bravo, B, Mateo, E, Lucha, P, Cortés, Á, & Martínez-Peña, B (2018). Llevamos los minerales al aula: actividades para trabajar la modelización. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3), 340-340.

Mejía-Salazar, G, & Gómez-Álvarez, R (2017). Internet como herramienta didáctica en la formación académica en alumnos de nivel medio superior. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 6(11), 171-187. <https://doi.org/10.23913/ricsh.v6i11.114>

Mellar, H, & Kambouri, M (2004). WebQuests, m-learning and CyberLabs. *Reflect - the Magazine of the NRDC*, 1, 23-25.

Méndez Coca, D (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XX1*, 18(2), 215-235. <https://doi.org/10.5944/educxx1.14602>

Merjovaara, O, Eklund, K, Nousiainen, T, Karjalainen, S, Koivula, M, Mykkänen, A, & Hämäläinen, R (2024). Early childhood pre-service teachers' attitudes towards digital technologies and their relation to digital competence. *Education and Information Technologies*, 29(12), 14647-14662. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12237-y>

Morales-Salazar, JC (2016). La producción de recursos educativos y medios didácticos para una educación virtual asequible y accesible. *Revista Perspectiva Empresarial*, 3(2), 27-35.

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics.* National Academy Press.

OECD (2018), *Panorama de la educación 2016: Indicadores de la OCDE.* Fundación Santillana, Madrid, <https://doi.org/10.1787/eag-2016-es>.

Orellana, N, Almerich, G, Belloch, C, & Díaz, I (2004). La actitud del profesorado ante las TIC: un aspecto clave para la integración. *Actas del V Encuentro Internacional Anual sobre Educación, Capacitación Profesional y Tecnologías de la Educación, Virtual Educa 2004*, sección 5, ponencia 6. Forum Universal de las Culturas, Barcelona.

Ortiz, JE, Pérez-Fortes, AP, Herrero, MJ, López-Cilla, I, Peña, C, Rodríguez-Rama, JA & Escavy, JI (2022). La digitalización de minerales y rocas para la enseñanza virtual de Geología. En Al Allueva Pinilla, JL, Alejandro Marco (Coords), *Actas del congreso internacional virtual USATIC 2022. Ubicuo y Social: Aprendizaje con TIC.* (100). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.

Osborne, J (2014). *Scientific Practices and Inquiry in the Science Classroom.* En NG Lederman (Ed.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 579-599). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Palacios, A, Pascual, V & Moreno-Mediavilla, D (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74(4), 11-21. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550>

Pampliega-Higueras, EP (2017). INGEOTAB 2.0. *Tierra y tecnología: revista de información geológica*, (49), 1.

Pedrinaci, E (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2), 133-140.

Perales-Palacios, F. J. & Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.15826>

Pérez-Martín, JM, Fernández-Huetos, N, Esquivel-Martín, T, Guevara-Herrero, I, Sánchez-Sánchez, A, & Roa González, J (2026). El uso de las metodologías activas en las aulas de secundaria y bachillerato de biología y geología. *European Public & Social Innovation Review*, 11, 1-23. <https://doi.org/10.31637/epsir-2026-1983>

Pinto, V, Cisteró, XF, & Ponsatí, AC (1998). Utilización de diferentes herramientas software para la enseñanza de la Geología Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(3), 264-269.

Polino, C, & Castelfranchi, Y (2012). Comunicación pública de la ciencia. Historia, prácticas y modelos. En E Aibar & MA Quintanilla (Eds), *Ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 351-377). Trotta.

Potvin, P, & Hasni, A (2014). Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784-802. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>

Požgaj, Ž, & Vukšić, VB (2013). Mobile phone in the classroom. En 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). (pp. 732-736). Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Pro, A (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las ciencias Experimentales*, 73, 69-76.

Rebello D, Marqués L, & Costa N (2011) Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 15-25.

Robles, A, Solbes, J, Cantó, J, & Lozano, O (2015). Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 361-376.

Rocard, M, Csermely, P, Jorde, D, Lenzen, D, Walberg-Henriksson, H, & Hemmo, V (2007). Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe (Report No. KI-NA-22845-EN-C). European Commission.

Sanmartí, N, Burgos, B, & Nuño, T (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 62-69.

Sanmartí, N, Márquez, C, & García, P (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de innovación educativa*, 113(1), 8-13.

Scornavacca, E, Huff, S, & Marshall, S (2009). Mobile phones in the classroom: if you can't beat them, join them. *Communications of the ACM*, 52(4), 142-146. <https://doi.org/10.1145/1498765.1498803>

Solbes, J (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 67, 53-61.

Solbes, J, Montserrat, R, & Furió, C (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.

Tomás-Serrano, A, & Hurtado-Pérez, J (2019). Cohetes de aire: construcción, fundamentos y aplicaciones didácticas para el estudio de la Física en bachillerato y secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 340101-340110. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3401

Torre, U, & Fernández-Río, J (2025). Explorando un método innovador en la preparación de oposiciones docentes: Aprendizaje cooperativo. *Magister*, 37(1), 35-41. <https://doi.org/10.17811/msg.37.1.2025.35-41>

Torres Carceller, A (2019). Innovación o moda: las pedagogías activas en el actual modelo educativo. Una reflexión sobre las metodologías emergidas. *Voces de la Educación*, 4(8), 3-16.

Torres Salas, MI (2010). La enseñanza tradicional versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Educare*, 14(1), 131-142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.11>

Tröbst, S, Kleickmann, T, Lange-Schubert, K, Rothkopf, A, & Möller, K (2016). Instruction and students' declining interest in science. *American Educational Research Journal*, 53(1), 162-193. <https://doi.org/10.3102/0002831215618662>

Val-Rey, C, Martínez, AM, & Fernández, A (2023). Desmitificando la preparación de oposiciones: estudio de caso de la academia Flou. En M Peralbo, A Risso, A Barca Lozano, JC Brenlla-Blanco, B Duarte da Silva, LS Almeida, A Cruz-Santos (Coords), XVII Congreso Internacional Gallego-Portugués de Psicopedagogía: IV Congreso de la A.C.I.P. (1883-1898). Universidade da Coruña.

Vázquez, A, & Manassero, MA (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 247-271.

Vázquez-Alonso, Á, & Manassero-Mas, MA (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (46), 15-37. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10538>

Vega Umaña, L, & Barrantes Aguilar, LE (2022). Percepción del estudiante universitario sobre la virtualización de la enseñanza de la metodología de la investigación científica en la educación superior. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 22(3), 1-28. <https://doi.org/10.15517/aie.v22i3.50638>

Verd-Crespí, JV, González, M, & Barreno, JV (2006). Moodle, una nueva herramienta para la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(1), 54-61.

Agradecimientos

Este trabajo está enmarcado en el Proyecto PID2021-122310NB-I00 financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE (JMPM).