

EL MUSEO VIRTUAL DE MINERALOGÍA COMO RECURSO DIDÁCTICO.

THE VIRTUAL MUSEUM OF MINERALOGY AS A DIDACTIC RESOURCE.

LE MUSÉE VIRTUEL DE MINÉRALOGIE COMME RESSOURCE DIDACTIQUE.

Guiomar Calvo, Miguel Calvo, Enrique Arranz, Isabel Fanlo, Jesús Fraile

Universidad de Zaragoza

Resumen

En un contexto donde la tecnología cada vez tiene un papel más relevante, disponer de recursos online que permitan dar a conocer el patrimonio mineralógico español y ayudar en el proceso de identificación de minerales puede ser una herramienta de gran utilidad para el alumnado de distintos grados universitarios. Con este objetivo en mente, se creó durante el curso 2021-22 el Museo Virtual de Mineralogía a raíz de un proyecto de innovación docente llevado a cabo en la Universidad de Zaragoza. En este artículo se detalla el proceso de selección de ejemplares, la elección de los materiales y los contenidos más relevantes, entre los que destacan las fichas de minerales y de yacimientos minerales nacionales. Para finalizar, se presenta un breve análisis de la utilidad de este recurso para el alumnado de los últimos cursos del Grado de Geología, tanto presente como futura. Los resultados, tanto las opiniones recogidas del estudiantado como el número de visitas del museo, han sido muy positivos y se espera seguir ampliando el contenido del museo en sucesivas etapas para que pueda extenderse su uso a otros niveles educativos.

Palabras clave: Herramientas TIC, museos virtuales, minerales, educación científica, innovación docente.

Abstract

In a context where technology is playing an increasingly important role, the availability of online resources to make known the Spanish mineralogical heritage and to help in the process of mineral identification can be a very useful tool for students of different university degrees. With this objective in mind, the Virtual Museum of Mineralogy has been created during the academic year 2021-22 as a

result of a teaching innovation project carried out at the University of Zaragoza. This article details the process of selection of specimens, the choice of materials and its most relevant contents, among which the mineral and national mineral deposits sections stand out. Finally, a brief analysis of the usefulness that students of the last years of the Geology Degree give to this resource, both present and future, is presented. The results, both in terms of students' opinion and number of visits to the museum, have been very positive. Thus, the content of the museum will be expanded in successive stages so that it can be used in other educational levels.

Keywords: ICT tools, virtual museums, minerals, science education, teaching innovation.

Résumé

Dans un contexte où la technologie joue un rôle de plus en plus important, la disponibilité de ressources en ligne qui aident à faire connaître le patrimoine minéralogique d'Espagne et au processus d'identification des minéraux peut être très utile pour les étudiants de différents diplômes universitaires. A cet effet, un Musée virtuel de minéralogie a été créé au cours de l'année universitaire 2021-22, à la suite d'un projet d'innovation pédagogique mené à l'Université de Saragosse. Cet article détaille le processus de sélection des spécimens, le choix des matériaux et les contenus les plus pertinents, parmi lesquels sont les fiches de minéraux et de gisements nationaux. Enfin, une brève analyse présentée sur l'utilité que les étudiants des dernières années du diplôme de géologie accordent au musée, tant actuelle que future. Les résultats, tant de la part des étudiants que du point de vue du nombre de visites reçus, ont été très positifs et l'on espère augmenter le contenu et les ressources disponibles dans des étapes successives afin que son utilisation puisse être étendue à d'autres niveaux éducatifs.

Mots-clés: Outils TIC, musées virtuels, minéraux, enseignement scientifique, innovation pédagogique.

1. INTRODUCCIÓN.

El ser humano siempre ha sentido un gran interés por los materiales que lo rodean y los minerales, con sus llamativas formas y colores, no han sido una excepción. Ya en la Prehistoria se empleaban distintos minerales para fabricar herramientas, para producir fuego o pintar cuevas. Estos usos de los minerales se fueron ampliando con la llegada de mejores tecnologías y el incremento del conocimiento científico sobre dónde aparecen, cómo recuperar los elementos que contienen, entre otros. En la actualidad, los minerales, y todos los elementos que de ellos se extraen, forman parte de nuestra vida cotidiana. Así, en un teléfono móvil podemos encontrar sustancias que son responsables de los colores que vemos en la pantalla, de que esta pantalla sea táctil o de que tengan una batería capaz de almacenar una gran cantidad de energía eléctrica. En total, en un teléfono móvil hay más de treinta elementos químicos, y casi todos ellos proceden de la extracción y procesamiento de distintos minerales (Valero et al., 2021). Lo mismo sucede con otros muchos elementos, televisores, aerogeneradores o paneles solares, de los que tanto dependemos en la actualidad. De hecho, según algunos estudios, la transición energética y el crecimiento exponencial en la extracción de los recursos minerales podrían incluso llegar a desencadenar problemas de abastecimiento en el futuro en determinados sectores (López Jimeno y Mataix González, 2022; Valero et al., 2022).

Por tanto, no resulta extraño que los minerales, sus principales propiedades físicas y/o químicas, la capacidad de aprender a distinguir unos minerales de otros, el proceso de extracción o la importancia que tienen en la vida cotidiana, figuren en el currículo oficial de distintos niveles educativos. De hecho, en el caso de la Comunidad de Aragón, en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de Educación Primaria, las propiedades físicas de los minerales se trabajan desde el primer ciclo y una de las situaciones de aprendizaje que se plantean en la Orden ECD/1112/2022, de 18 de julio, está relacionada precisamente con conocer algunas propiedades perceptibles de los minerales (ORDEN ECD/1112/2022, 2022). Estos conocimientos se van volviendo cada vez más complejos, y se va profundizando en otros aspectos (identificación y clasificación de minerales, propiedades más características, condiciones de formación, usos cotidianos, impacto de la minería en el medio ambiente, ...) a lo largo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (ORDEN ECD/1172/2022, 2022; ORDEN ECD/1173/2022, 2022). Esto implica que, siendo que estos saberes se incluyen en el currículum escolar, toda la población cuenta con unos conocimientos mínimos en relación con estos elementos naturales. Estos contenidos relacionados con los minerales no solo permiten al alumnado tener una

mayor comprensión de qué minerales existen o qué propiedades y usos tienen, sino que constituyen saberes relacionados entre sí con los que los escolares pueden aprender a modelizar (Laita et al., 2018). A pesar de ello, se ha visto en numerosos estudios que el alumnado no termina de comprender el concepto de mineral dado el nivel de abstracción que supone y que los materiales educativos, como los libros de texto, plantean un abordaje demasiado descriptivo (Gallegos, 1998; Jaén y Roca, 2016; Mateo et al., 2017).

Por otro lado, el estudio de los minerales es algo que resulta un aspecto de vital importancia en determinados grados universitarios que se imparten en la Universidad de Zaragoza, como en el Grado de Geología o el Grado de Química, entre otros, en los que el alumnado tiene que ser capaz de identificar una serie de minerales concretos a partir de sus propiedades más relevantes o conocer las principales asociaciones minerales de determinados yacimientos de interés económico.

Para trabajar con los minerales, con frecuencia se emplean colecciones formadas por distintos ejemplares previamente seleccionados en función de sus características más reseñables. De forma más concreta, en el área de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Zaragoza existe, además de un pequeño museo de minerales, una amplia colección de ejemplares que se emplean de forma habitual en las prácticas *de visu* de distintas asignaturas. Con el avance de las tecnologías y la disponibilidad por parte del alumnado de conexión a internet y de teléfonos inteligentes, los autores de este trabajo, como docentes implicados en diferentes grados en los que se han realizado prácticas de identificación de minerales, han detectado que se ha convertido en una práctica habitual que el alumnado haga fotografías de los ejemplares. Esta costumbre, siendo que estas fotografías rara vez reflejan las propiedades que les podrían resultar más útiles conocer, hace que en muchas ocasiones solamente recuerden la forma externa o tamaño de los ejemplares de minerales en lugar de ayudarles a aprender a reconocerlos basándose en sus propiedades físicas.

Por otro lado, con el cierre de aulas durante la pandemia generada por la Covid-19, el tipo de actividades que se podían llevar a cabo cambió considerablemente en todos los niveles educativos y, con el objetivo de dar continuidad a los procesos educativos, se promovió el desarrollo de distintos recursos e iniciativas de tipo virtual (Koh y Daniel, 2022).

Con todos estos antecedentes, y vistos los recursos disponibles en red y las necesidades detectadas en las aulas, se optó por crear un recurso virtual en forma de

museo, ya que los museos y, especialmente aquellos relacionados con la geología, tienen un gran potencial al ser usados como recursos didácticos (Marta et al., 2018).

Así, a través de un proyecto de innovación docente de la Universidad de Zaragoza se llevó a cabo el proceso de organización y creación de una primera versión del Museo Virtual de Mineralogía, no solo para que pudiera ser empleado por el alumnado de los grados impartidos en la propia Universidad, sino por estudiantes de otros niveles educativos y por cualquier persona interesada en el tema.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA: LOS MUSEOS VIRTUALES.

Según algunas estimaciones, más de 4.900 millones de personas usan internet, cifra que no deja de aumentar con cada año que pasa. Esto supone que todas estas personas, estudiantes incluidos, tienen al alcance de un solo clic una cantidad casi ilimitada de recursos. La irrupción de la tecnología en las aulas está influyendo en la forma de enseñar y de aprender, algo que, desde la interrupción de la docencia tradicional presencial debida a la Covid-19, ha quedado todavía más evidenciado (González Elices, 2021; Sala, 2022). En una sociedad cada vez más vinculada a los avances tecnológicos y en la que ha cambiado la forma en la que el alumnado puede acceder al conocimiento, las aulas han dejado de ser un espacio aislado y los roles tradicionales de docente y estudiante se están viendo modificados (Hernandez, 2017).

La llegada de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a las aulas, como el tener acceso a internet, contar con dispositivos digitales (ordenadores, tabletas, pizarra digital...) tanto para docentes como para estudiantes, ha supuesto un importante cambio. Las TIC posibilitan el uso de recursos y herramientas de distintos tipos que permiten no solo complementar o servir de apoyo en las aulas para facilitar el aprendizaje sobre determinados contenidos, sino ser usados incluso fuera de ellas. Esto supone una gran oportunidad para el alumnado, ya que les posibilita crear nuevas oportunidades de aprendizaje y les ayuda a desarrollar y estimular habilidades tales como la autonomía en la búsqueda de información, la competencia digital, la comunicación e incluso la imaginación o la curiosidad (Haleem et al., 2022; Mon y Cervera, 2011).

Algunos de los muchos recursos disponibles online que se pueden emplear en las aulas, tanto de forma síncrona como asíncrona, son plataformas dedicadas a compartir vídeos, redes sociales, aplicaciones y páginas webs, entre otros. Dentro de los distintos tipos de páginas webs que existen, llaman particularmente la atención los museos virtuales, que tratan de replicar, en un contexto diferente, espacios que se pueden emplear en el proceso de enseñanza y aprendizaje tanto en contextos

formales como en contextos no formales (del Valle Rasino et al., 2020; Pérez Campillo e Irazoque Palazuelos, 2009).

En 1947 André Malraux definió el concepto de museos virtuales como espacios sin paredes a los que cualquier persona interesada en un tema puede acceder (Malraux, 2017; Styliani et al., 2009). A diferencia de los museos tradicionales, los museos virtuales pueden visitarse desde cualquier punto y en cualquier momento, y pueden contener una gran variedad de elementos. A pesar de todo, y de haber pasado muchas décadas, el término museo virtual todavía no tiene una definición clara dado que distintos autores han hecho diferentes propuestas e incluye, a veces, distintos términos (museo virtual, museo online, museo digital, museo electrónico...) (Schweibenz, 2019). En cualquier caso, en el contexto de este trabajo, nos vamos a referir siempre a los museos virtuales en el más amplio sentido del término como a aquellos recursos que están disponibles en la red en los que aparecen recopilados y ordenados una serie de documentos, ya sean imágenes o textos, entre otros, que tienen relevancia histórica, cultural o científica.

De forma complementaria, existen numerosas clasificaciones de museos virtuales, una de las más sencillas sería agruparlos en dos categorías en función de su contenido. Por un lado estarían aquellas páginas web en las que aparece información destinada a los visitantes de un museo que sí existe en el plano físico, donde figuran datos sobre qué colecciones o secciones hay en el museo y otros elementos relacionados con la visita (planos, horarios, venta de entradas, contacto...) y, por otro, estarían los museos virtuales, que pueden tener su equivalente o no en el plano físico, en los que lo que tiene más importancia es el contenido en sí mismo y que ofrecen elementos y/o actividades que permiten ser empleados en contextos de aprendizaje (McKenzie, 1997).

La segunda de estas dos categorías se podría, además, separar en otras diferentes en función de los contenidos y objetivos. En un primer grupo estarían aquellos museos virtuales que podríamos denominar como “enciclopédicos” en los que el contenido predomina sobre todo lo demás y que incluyen extensas descripciones de los objetos y sus características. En un segundo grupo estarían los museos virtuales en los que predomina lo interactivo frente al contenido, que están pensados para que el visitante pueda recorrerlos de distintas formas en función de sus conocimientos previos y/o nivel educativo, y al que se puede acudir una y otra vez. Por último, mejorando las cualidades de la tipología anterior, estarían los museos virtuales en los que todas las colecciones aparecen vinculadas entre sí de forma digital, tengan o no equivalente físico, que encajaría más con la visión de André Malraux del museo sin paredes (Schweibenz, 2004).

Con frecuencia, los museos virtuales contienen, además de imágenes o fotografías, archivos de sonido, vídeos, diagramas, juegos interactivos, bases de datos, artículos o enlaces externos, entre otros documentos, que están alojados en uno o varios servidores (Albadawi, 2021; Somoza Rodríguez, 2011). Asimismo, pueden incorporar elementos que se encuentran tanto en colecciones públicas como privadas de distintos puntos del planeta, lo que aumenta la exposición de los usuarios a muestras no disponibles físicamente. Dicho de otra forma, permiten poner juntos objetos o materiales de procedencia variada, algo que un museo tradicional tendría muchas más dificultades en llevar a cabo (Biedermann, 2017).

Aun así, el uso de entornos virtuales no implica necesariamente que tengan que emplearse técnicas inmersivas, ya que existen diversas formas de interactuar con el contenido (Lepouras et al., 2004). Pese a todo, la inclusión de elementos digitales interactivos, que están sustentados en el uso de determinadas aplicaciones y herramientas tecnológicas, resulta algo muy cercano para los visitantes en esta sociedad tan conectada (Dasgupta et al., 2021). Ayuda, en algunos casos, a mejorar la interacción del usuario con los objetos representados frente a lo que podría ser la visita a un museo tradicional, más aún si se emplean elementos asociados a la gamificación (Dasgupta et al., 2021).

La falta de contextualización aparente que puede darse al visitar un museo virtual se puede compensar fácilmente añadiendo una mayor interacción entre secciones o incluyendo recursos adicionales (Marta et al., 2018), alcanzando así la categoría de auténtico museo virtual (Schweibenz, 2004). En muchos casos esta tarea es más sencilla al ser necesario invertir una menor cantidad de recursos de tipo económico, logístico y de espacio que en los museos tradicionales (Gheorghiu y Ștefan, 2014; Somoza Rodríguez, 2011).

Del mismo modo, en los museos tradicionales se suelen llevar a cabo actividades de distinta índole, creativas y participativas, lo que facilita que puedan ser empleados como recursos educativos, al servicio de las necesidades de docentes y estudiantes (Ruso y Topdal, 2014). Esto puede trasladarse de igual forma a los museos virtuales, a través de la inclusión de recursos y actividades concretas, como elementos interactivos, recorridos virtuales o elementos en tres dimensiones que se pueden manipular (Apopei et al., 2021).

Por último, aunque la experiencia del visitante es también diferente en ambos tipos de museos, se pueden emplear distintas estrategias para que en ambos casos se saque el máximo partido a las visitas. En el caso de los museos virtuales, trascienden los métodos tradicionales de comunicación e interacción con los objetos en cuestión (Craciun y Andras, 2005). Según algunos autores, a la hora de crear y

dotar de contenido a estos museos virtuales, cuanto mayor sea la similitud de la experiencia de visita en un museo físico frente a la de un museo virtual, más positiva será la percepción que el visitante tenga de la colección (Katz y Halpern, 2015).

Durante una visita, los efectos pueden ser muy variados en cuanto a la adquisición de conocimientos, conectar lo que se está viendo con las ideas previas o las emociones y al interés que pueden generar. Sin embargo, al igual que cuando se visita un museo físico, en los museos virtuales se pueden llevar a cabo las actividades de una forma estructurada y siguiendo unos objetivos concretos (Bamberger y Tal, 2008). Así, podemos distinguir dos tipos de visitas que pueden darse tanto en museos virtuales como en museos tradicionales: (a) la visita guiada, que sí se estructuraría en torno a unas actividades concretas, y (b) la visita libre. En esta última opción, cada visitante es libre de recorrer y navegar a través de los contenidos presentes en los museos virtuales tantas veces como lo necesite y desde cualquier lugar, ya sea fuera o dentro de las aulas. Esto puede resultar de gran utilidad dado que el proceso de aprendizaje en entornos en los que el propio alumnado puede elegir qué ver o en qué fijarse, hace que se convierta en una experiencia única. Por otro lado, los docentes pueden emplear estos museos virtuales como un recurso educativo más, siempre y cuando tengan un contenido que sea lo suficientemente representativo, realizando las adaptaciones necesarias (Burron y Pegg, 2021).

De todos los elementos relacionados con la ciencia que se pueden encontrar en los museos, las colecciones de ejemplares de minerales son relativamente frecuentes por su fácil sistema de presentación y almacenaje y por el interés que estos despiertan entre las personas. Primero, muchos minerales tienen unas propiedades físicas externas que los hacen muy llamativos (color, brillo, forma) y, segundo, muchos de ellos juegan un papel fundamental en nuestra vida diaria, aunque no nos demos cuenta (Craciun y Andras, 2005). De hecho, que los visitantes sean conscientes de esta conexión de los minerales con sus propiedades y usos, además de con los yacimientos de los que proceden y su proceso de extracción, puede vincularse fácilmente con temas de gran relevancia como el impacto del sector en el cambio climático, el agotamiento de los recursos minerales o la importancia de hacer un uso responsable de estos recursos, entre otros (Calvo y Valero, 2021). Lógicamente, cuando los minerales se extraen y son llevados a un museo, se pierde ese elemento que lo une al lugar del que procede, por lo que algunos autores dejan de considerarlo un patrimonio mueble y lo denominan patrimonio *ex situ*, haciendo referencia a esa situación (Restrepo Martínez, 2012).

En el caso de los museos virtuales relacionados con los minerales y/o la mineralogía se pueden encontrar algunos ejemplos en la red siendo Athena, una

base de datos creada en 1986 y que está disponible en internet desde 1994, uno de los más antiguos. Existen otros, como el Museo Virtual de Minerales y Moléculas, que está especializado en mostrar modelos moleculares en tres dimensiones de determinadas sustancias que están presentes en los suelos, entre las que destacan algunos minerales (Barak y Nater, 2005). Se pueden encontrar también un pequeño número de museos virtuales de minerales en castellano, que han visto la luz gracias a proyectos llevados a cabo en distintas universidades españolas. Un ejemplo es el Museo Virtual de Geología, creado en la Universidad de León (Gómez-Fernández et al., 2017), que contiene vídeos sobre propiedades fisicoquímicas de determinados minerales que han sido elaborados por los propios estudiantes. Desde 2011 está disponible el Museo Virtual de Mineralogía de la Universidad de Huelva (Fernández Caliani, s. f.), creado a raíz de un proyecto de innovación docente, o la web Minerales de Visu, de la Universidad de Alicante, creada por un grupo de investigación que ya había elaborado con anterioridad un banco de imágenes de minerales y rocas destinado a los estudiantes de geología (Muñoz Cervera et al., 2015, 2016). Del mismo modo, hay otras páginas que, sin ser museos virtuales como tal, se pueden emplear para conocer con mayor detalle algunas características de los minerales, sus propiedades y sus usos.

El principal objetivo del Museo Virtual de Mineralogía es el de ayudar al alumnado de la Universidad de Zaragoza a mejorar sus habilidades de identificación de distintos minerales y, principalmente, a proveerles de datos e información que sirvan para ayudarles a diferenciarlos más fácilmente unos de otros, un tipo de recurso que no suele estar presente en las páginas web de minerales. Del mismo modo, se han incorporado también otras secciones con diversos contenidos (principales usos de los minerales, salas especiales, juegos, materiales didácticos...) que pueden permitir fomentar la curiosidad de los visitantes, llegando a querer, tras la visita, entrar en contacto con los objetos reales a través de otros modos (Biedermann, 2017). Un segundo objetivo es mejorar la forma en que está representado el patrimonio geológico y mineralógico de España en internet, incorporando información y fotografías de calidad sobre minerales y yacimientos minerales que hay en nuestro país.

3. METODOLOGÍA.

A la hora de crear el Museo Virtual de Mineralogía se tuvieron que seguir una serie de fases que quedan detalladas en los siguientes apartados. Primero, se procedió a la selección de los primeros ejemplares de minerales que se debían fotografiar e incluir en el museo, posteriormente se realizaron fotografías de dichos

ejemplares con equipo especializado. Los últimos pasos consistieron en la creación de la estructura online a través de una plataforma de gestión de contenidos, la puesta en marcha final de la página web y la incorporación progresiva de contenidos.

3.1. Selección y fotografía de ejemplares.

En un primer momento, se llevó a cabo un análisis de los distintos minerales que se emplean a lo largo de las prácticas *de visu* de identificación de minerales en el Grado de Geología y en el Grado de Química, con el objetivo de determinar, desde un punto de vista docente, qué especies minerales debían estar presentes en el futuro Museo Virtual de Mineralogía.

De todas las especies minerales que se encuentran en esa colección de prácticas, se creó una lista con las 150 más representativas y relevantes, ya fuera por sus propiedades físicas, químicas, usos, abundancia en los yacimientos minerales a nivel mundial y/o a nivel de España, con el objetivo de poder dotar de un contenido mínimo al museo, pero dejando abierta la opción de ir añadiendo más especies y contenidos en el futuro.

Partiendo de esa lista inicial, se seleccionaron los ejemplares concretos de minerales que mostraban un mayor interés desde el punto de vista mineralógico (mineral principal presente en cada muestra y/o minerales acompañantes, procedencia) y de representación de las distintas propiedades características de cada especie que pudieran verse adecuadamente reflejadas en las fotografías (forma, hábito, color, paragénesis, exfoliación, fluorescencia, entre otros). Para ello, no solo se revisaron las colecciones de ejemplares que tiene a su alcance el alumnado, para que tuvieran referencias comunes a lo visto en clase, sino también ejemplares del propio museo existente en el área de Cristalografía y Mineralogía y de otros procedentes del área de Petrología y Geoquímica.

Asimismo, se seleccionaron ejemplares de colecciones privadas para que hubiera mayor variedad. Muchas especies minerales pueden aparecer de diversas formas y presentar propiedades físicas muy variadas, por lo que contar con distintos ejemplares de un mismo mineral, pero con distinta apariencia, es fundamental para dotar al museo de una mayor representatividad y realismo.

Por otro lado, dado que otro objetivo era aumentar la presencia del patrimonio mineralógico español en la red, se optó por escoger, siempre que fuera posible, ejemplares procedentes de yacimientos españoles.

A continuación, una vez hecha la selección, se procedió a fotografiar los diferentes ejemplares, tratando de que quedasen lo mejor representadas todas las propiedades que se querían destacar en cada uno de los casos. Por homogeneidad y

para facilitar el proceso de comparación entre fotografías de un mismo mineral y entre fotografías de distintos minerales, se utilizó siempre un mismo equipo especializado (Canon EOS30D, objetivo Canon EF-S 60mm f/2.8 macro USM), con un mismo sistema de iluminación y, cuando ha sido necesario, se ha empleado el sistema de multienfoque y apilamiento con el programa Helycon Focus 8. Todas las fotografías fueron editadas con Adobe Photoshop (v. 21.0.1).

3.2. Selección y organización de contenidos de la página web.

De forma simultánea al proceso de selección y fotografía de ejemplares, se establecieron las secciones básicas que debía incorporar el museo virtual y se llevó a cabo el diseño y puesta en marcha de la página web mediante el uso de un gestor de contenidos gratuito (versión Wordpress 5.9.1., que posteriormente se ha actualizado a la v.6.1.1.), empleando el servicio de alojamiento web proporcionado por la propia universidad.

Desde el punto de vista del proceso de enseñanza y aprendizaje sobre minerales, hay tres grandes bloques que era importante que figurasen en el museo, para tratar de mejorar la conceptualización de lo que es un mineral: 1) explicaciones sobre las propiedades físicas más relevantes de los minerales, que ayudan a saber en qué hay que fijarse, 2) fichas de los minerales, junto a consejos sobre cómo distinguir unos de otros, y 3) fichas de yacimientos, que dotan de contexto a las fotografías.

Para poder identificar minerales *de visu* es necesario fijarse en una serie de propiedades físicas y químicas características, por lo que lo primero que debía aparecer en el museo virtual era una descripción de todas las propiedades que se suelen emplear durante ese proceso de identificación (color, raya, brillo, densidad, diafanidad, forma, hábito, exfoliación, fluorescencia, etc.). Para cada una de ellas, se hicieron fotografías de ejemplares previamente seleccionados en los que estas propiedades quedasen claramente reflejadas. Teniendo en cuenta que algunas de estas propiedades, como la raya o la densidad, se aprecian mejor cuando se tiene el ejemplar en la mano, se añadieron fotografías y esquemas complementarios. En el caso de otras, como la fluorescencia, se optó por hacer comparaciones entre varias fotografías superpuestas, simulando una observación con luz natural y otra bajo luz ultravioleta.

Se determinó que en la ficha de cada especie mineral, además de las distintas fotografías realizadas con sus explicaciones correspondientes, se debían incorporar una serie de datos mínimos sobre las principales propiedades físicas de cada especie. Del mismo modo, para ayudar a los visitantes del museo, se añadió una parte al final de cada ficha en la que se incluyen una serie de datos y comentarios

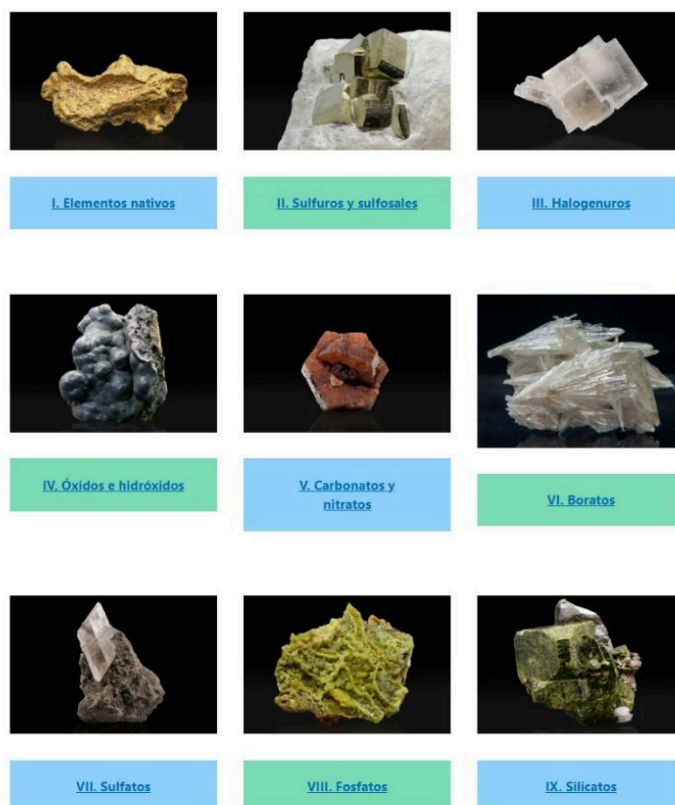
EL MUSEO VIRTUAL DE MINERALOGÍA COMO RECURSO DIDÁCTICO

destinados a poder distinguir cada uno de los minerales de otros que son similares, siendo este un elemento clave para el alumnado que quiere afianzar o mejorar sus conocimientos.

Existen distintos sistemas de clasificar a los minerales que los agrupan en función de su composición química y su estructura cristalina, siendo las más conocidas la llamada clasificación de Dana y la creada por Karl Hugo Strunz, actualmente conocida como clasificación de Nickel-Strunz. Ambas han sido actualizadas en sucesivas ocasiones y agrupan a los minerales en clases según el anión o grupo aniónico dominante.

A la hora de ordenar las fichas de los minerales en el museo virtual se optó por seguir la clasificación de Strunz ya que, aunque apenas presentan diferencias entre ellas, suele ser la que se emplea de forma más habitual en webs especializadas de minerales y museos europeos. Las clases según esta clasificación son: 1) elementos nativos, 2) sulfuros y sulfosales, 3) halogenuros, 4) óxidos e hidróxidos, 5) carbonatos y nitratos, 6) boratos, 7) sulfatos, 8) fosfatos, 9) silicatos y 10) compuestos orgánicos. Esta última categoría no fue incluida en el museo (ver Figura 1).

Figura 1. Clasificación seguida en el Museo Virtual de Mineralogía. Junto al nombre de cada clase figura la fotografía de una de las especies minerales más característica.



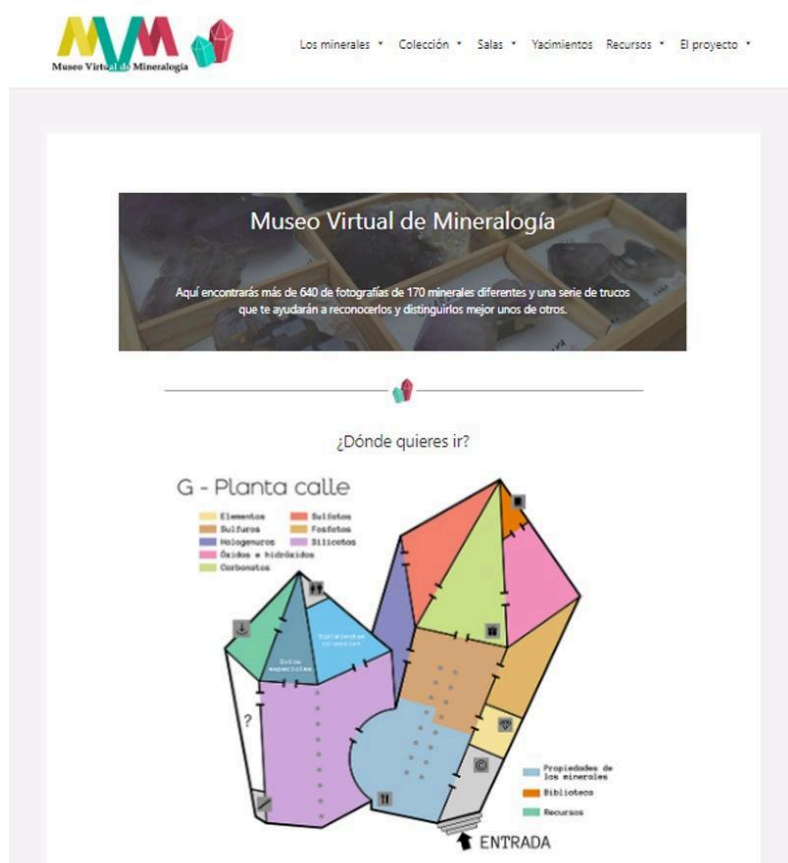
EL MUSEO VIRTUAL DE MINERALOGÍA COMO RECURSO DIDÁCTICO

Para poder contextualizar algunos de los ejemplares presentes en el museo, se incluyeron fichas con información sobre determinados yacimientos minerales españoles de mayor relevancia, tanto desde el punto de vista geológico como desde el histórico. Estas páginas, además de permitir conocer estos yacimientos a través de un breve resumen de la historia, geología y minerales más frecuentes que aparecen en cada uno de ellos, permite vincular estas fichas con las fichas de minerales disponibles en el museo virtual. Esto no solo proporciona a los visitantes una serie de fotografías contextualizadas que permiten relacionar cada ejemplar con la génesis del yacimiento del que proceden, ayudándoles a saber reconocer algunas de las asociaciones minerales más frecuentes, sino que también ofrecen una imagen más completa del patrimonio mineralógico español.

3.3. Puesta en marcha de la página web.

El Museo Virtual de Mineralogía de la Universidad Zaragoza, que se puede visitar en la siguiente dirección: <http://museomine.unizar.es>, se lanzó al público general a finales de marzo del 2022 (ver Figura 2).

Figura 2. Página principal del Museo Virtual de Mineralogía de la Universidad de Zaragoza. Accesible en: <http://museomine.unizar.es>



Desde la creación de la estructura y de la página web del museo, se han ido incorporando y actualizando los contenidos de forma progresiva. El museo contiene actualmente 178 fichas de especies minerales diferentes, con más de 680 fotografías de distintos ejemplares en los que aparece, junto a una breve descripción de qué mineral es (nombre, fórmula química, aspectos relacionados con su génesis, curiosidades, usos...) aparecen listadas sus propiedades físicas más relevantes en forma de tabla (ver Figura 3).

Figura 3. Fragmento de la ficha de la fluorita, en el que se puede ver la información inicial (fórmula química, sistema cristalino, datos sobre cómo se forma y otras características), la tabla con las principales propiedades físicas y la primera fotografía de las ocho que hay en total.

✓ **Características principales**

Fórmula química: CaF₂


Sistema: cúbico.


La fluorita es frecuente en filones y venas, producto de alteración **hidrotermal** en rocas carbonatadas

Puede tener colores y tonos muy variados debido a la presencia de la **presencia de impurezas** que crean defectos en la estructura, los llamados **centros de color**, aunque no es el único factor. Por ejemplo, el color verde de la fluorita suele estar ligado a la presencia de elementos de las tierras raras.

✓ **Propiedades físicas**

Brillo: vítreo	Dureza: 4	Exfoliación: {111} perfecta	Raya: blanca
Color: morado, azul, amarillo, verde, rosa....	Densidad: 3,175 – 3,56 g/cm ³	Fractura: subconcoidea	Otros: puede ser fluorescente





Descripción: fluorita de color morado con zonado siguiendo la morfología del cristal

Tamaño del ejemplar: 3,5 cm

Localidad: Corta de Playa de Vega, Berbes, Ribadesella (Asturias)

Colección y fotografía: Miguel Calvo.

De forma complementaria, hay un total de once fichas de yacimientos minerales españoles con información relativa a su génesis, historia minera y paragénesis, junto a fotografías relevantes de la zona, de restos de instalaciones mineras, restos de la explotación, etc. Entre ellos figuran los yacimientos de fluorita de Asturias, mineral del que nuestro país es uno de los principales productores, y otros de importancia histórica como el de mercurio de Almadén (Ciudad Real) o de oro de Las Médulas (León).

Desde que se creó inicialmente el Museo Virtual de Mineralogía, se han ido incorporado otras secciones con distintos objetivos. Por un lado, se añadieron diversas salas especiales que incluyen fotografías de colecciones particularmente notables, ya sea por el tipo de ejemplares que contienen o por su valor histórico. Por ejemplo, una de las salas está dedicada a la colección de minerales del ingeniero de minas aragonés Lucas Mallada (1841-1921), que en la actualidad se encuentra en Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación de la Universidad de Zaragoza, en Huesca. Una gran parte de los ejemplares que hay en esta colección proceden de su trabajo como miembro de la Comisión del Mapa Geológico, y proceden de localidades en las que, en muchos casos, ya no es posible encontrar muestras (Calvo y Lucha, 2019; Lucha, 2021). Por otro lado, se incluyeron, además, recursos pensados para los visitantes del museo (iniciativa del mineral del mes, página sobre los usos más frecuentes de los minerales, cuestionarios y juegos interactivos, juegos imprimibles...) y otra serie de materiales, secuencias y actividades con sus correspondientes guías de orientación para que docentes de distintos niveles educativos pudieran llevar los minerales a las aulas.

4. ANÁLISIS DEL MUSEO VIRTUAL DE MINERALOGÍA.

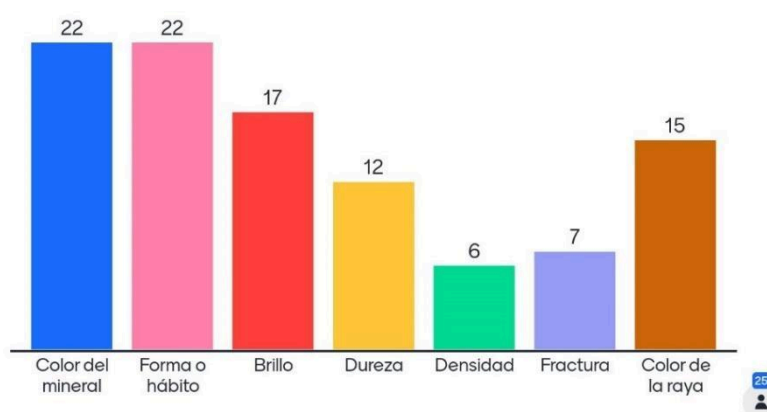
Tras la puesta en marcha del Museo Virtual de Mineralogía, durante el segundo semestre del curso 2021-22, se procedió a presentar el recurso ante el alumnado matriculado en los últimos cursos del Grado de Geología y se les pidió que respondieran a 6 preguntas después de que hubieran estado navegando y recorriendo los distintos apartados que figuran en el museo.

Un total de 25 estudiantes respondieron a las preguntas, 12 pertenecientes al tercer curso (41% del total matriculado en la asignatura de Recursos minerales y energéticos) y 13 al cuarto curso (87% del total matriculado en la asignatura de Yacimientos minerales), aunque una persona respondió solamente a parte de las preguntas. La herramienta empleada para llevar a cabo las preguntas fue Mentimeter, dado que pueden responder de forma sencilla a través de sus teléfonos móviles, permite tener un feedback inmediato y, dado que las respuestas son

totalmente anónimas, facilita que la tasa de respuesta sea elevada (Calvo, 2022; Romea y Del Rincón, 2016).

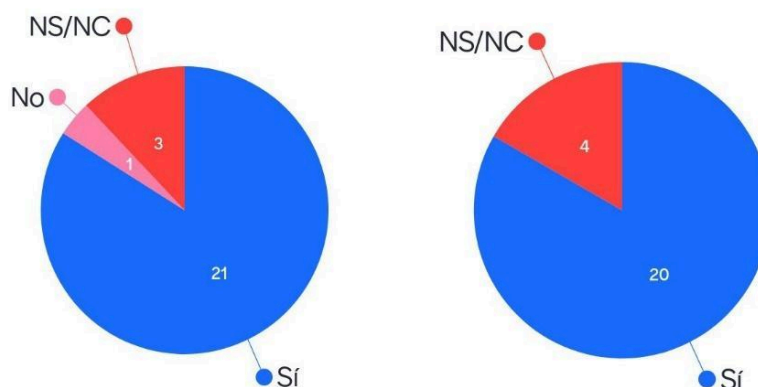
En un primer momento se les preguntó en qué características y propiedades físicas de los minerales solían fijarse a la hora de identificar un mineral (Figura 4). Se les dio a elegir entre distintas opciones y podían marcar varias respuestas. Destaca que una de las dos opciones más seleccionadas, concretamente el color del mineral no suele ser demasiado determinante a la hora de identificar un gran número de minerales, que pueden presentar tonalidades y colores muy variados en función de distintos factores (impurezas, defectos en la estructura cristalina, etc.). Aun así, al tratarse de una de las propiedades físicas más fácilmente observable, era un resultado esperado, al igual que el de la forma y hábito, que sí puede ayudar a identificar o diferenciar determinados minerales de otros.

Figura 4. *Propiedades en las que dice el alumnado del Grado de Geología que se fija con mayor frecuencia a la hora de identificar minerales.*



A continuación, se les hicieron preguntas para determinar la utilidad y el potencial de esta herramienta. Todas las personas consideraron que esta herramienta podría serles de utilidad a la hora de usarla como complemento a los materiales de las prácticas de *visu* de identificación de minerales. En concreto, 21 dijeron que lo usarían para repasar antes de una prueba de evaluación y 20 contestaron positivamente a la pregunta sobre si consideraban que iban a utilizarlo una vez finalizado el Grado de Geología (Figura 5).

Figura 5. Respuestas a las preguntas: ¿Usarías el museo virtual para repasar de cara a un examen? (izquierda) y ¿Crees que vas a consultar el museo virtual una vez terminado el grado? (derecha).



De forma adicional se les preguntó qué otros elementos, no presentes en el museo en el momento en el que se llevó a cabo la consulta, creían que sería necesario incorporar en futuras actualizaciones. Entre otros, destacaron que se podrían añadir más fichas de minerales y yacimientos para tener una mayor diversidad e incluir información de yacimientos minerales que fueran representativos a nivel internacional y no solo a nivel nacional. Asimismo, 18 estudiantes destacaron que podría ser interesante añadir pruebas de autoevaluación para poder poner a prueba sus habilidades de identificación minerales y otro tipo de materiales didácticos que permitieran ampliar el uso de esta herramienta a otros niveles educativos.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.

La puesta en marcha del Museo Virtual de Mineralogía de la Universidad de Zaragoza ha resultado ser un éxito y está empezando a recibir cada vez más visitas según se va dando a conocer su existencia en distintos ámbitos. Desde que se hizo pública la página web, el Museo Virtual de Mineralogía ha recibido más de 63.000 visitas y los materiales de la sección de recursos han sido descargados más de 1.800 veces (datos desde agosto del 2022 hasta noviembre del 2023). Es de esperar que el número de visitas vaya aumentando progresivamente con el tiempo, según se vayan añadiendo más contenidos y recursos adicionales. Asimismo, ha resultado ser un recurso de interés para el alumnado del Grado de Geología, aunque queda pendiente probar su utilidad en otros grados en los que se llevan a cabo prácticas con minerales.

Para darle mayor difusión al recurso, se ha creado una cuenta en Twitter y, de forma más reciente, una cuenta en Instagram, en la que se van publicando distintos contenidos. De forma adicional, se ha creado la iniciativa Mineral del mes, en la que

cada mes una especie mineral diferente es protagonista. El objetivo es dar a conocer ese mineral a través de una ficha descargable en la que aparecen diversas fotografías del museo junto a otros datos relacionados con su origen, usos históricos y actuales, y otras curiosidades.

En el futuro está previsto ampliar los contenidos incluyendo más cuestionarios de autoevaluación de identificación de minerales, nuevas salas temáticas sobre temas concretos que puedan resultar de interés al alumnado (minerales críticos, minerales con localidad tipo en España, gemas, biominerales...), así como seguir añadiendo otros materiales y recursos didácticos.

Cada vez estamos más acostumbrados a recurrir al uso de internet y de recursos TIC en casi cualquier contexto, incluyendo el educativo. Poner a la disposición del alumnado este museo virtual puede resultar de gran utilidad para poder conocer y repasar las principales propiedades de los minerales, saber de dónde se extraen en nuestro país, qué usos tienen en la vida cotidiana, entre otros, a partir de fotografías y contenidos seleccionados especialmente. Aunque inicialmente el Museo Virtual de Mineralogía se diseñó para su uso por parte del alumnado de los grados más estrechamente relacionados con la geología, se va a mejorar su estructura más adelante para que pueda ser empleado por docentes y alumnado de niveles educativos preuniversitarios. Esto permitirá que se pueda emplear en todos los niveles para, además de servir como complemento en la docencia, tratar de mejorar el concepto de mineral que tiene la población.

6. AGRADECIMIENTOS.

Esta iniciativa se ha llevado a cabo gracias al apoyo institucional de la Convocatoria competitiva de Proyectos de Innovación de la Universidad de Zaragoza (PI_DTOST) en el año 2021 (ID 222 con título "Museo virtual de mineralogía") y en el año 2022 (ID 580 con título "Ampliación de contenidos del Museo virtual de Mineralogía: incorporación de materiales didácticos y cuestionarios de autoevaluación"). Guiomar Calvo pertenece al grupo Beagle - Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales (S27_23R), financiado por el Gobierno de Aragón. Las autoras y autores expresan que no hay conflictos de intereses al redactar el manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albadawi, B. I. (2021). "The Virtual Museum VM as a Tool for Learning Science in Informal Environment". *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 22, e23984-e23984. <https://doi.org/10.14201/eks.23984>
- Apopei, A., Buzgar, N., Buzatu, A., Maftai, A. y Apostoae, L. (2021). "Digital 3D models of Minerals and Rocks in a nutshell: Enhancing scientific, learning, and cultural heritage environments in Geosciences by using cross-polarized light photogrammetry". *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 16, pp. 237-249. <https://doi.org/10.26471/cjees/2021/016/170>
- Bamberger, Y. y Tal, T. (2008). "Multiple Outcomes of Class Visits to Natural History Museums: The Students' View". *Journal of Science Education and Technology*, 17, pp. 274-284. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9097-3>
- Barak, P. y Nater, E. (2005). "The Virtual Museum of Minerals and Molecules: Molecular Visualization in a Virtual Hands-On Museum". *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 34. <https://doi.org/10.2134/jnrlse.2005.0067>
- Biedermann, B. (2017). "Virtual museums' as digital collection complexes. A museological perspective using the example of Hans-Gross-Kriminalmuseum". *Museum Management and Curatorship*, 32(3), pp. 281-297. <https://doi.org/10.1080/09647775.2017.1322916>
- Burron, G. y Pegg, J. (2021). "Elementary Pre-service Teachers' Search, Evaluation, and Selection of Online Science Education Resources". *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), pp. 471-483. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09891-z>
- Calvo, G. (2022). "Mentimeter: Fomentando la participación del alumnado en un contexto de aprendizaje semipresencial". *La enseñanza de las ciencias en un entorno intercultural*, pp. 1013-1018.
- Calvo, G. y Valero, A. (2021). "Strategic mineral resources: Availability and future estimations for the renewable energy sector". *Environmental Development*. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100640>
- Calvo, M. y Lucha, P. (2019). "La colección de minerales de Lucas Mallada. El legado de un aragonés a la Escuela Normal de Maestros de Huesca". *Boletín Geológico y Minero*, 130(2), pp. 231-249. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.130.2.002>
- Craciun, A. y Andras, I. (2005). "The virtual mineralogical museum – main objective of the World Mineralogical Organization". *Annual of the University of Mining and Geology, St. Ivan Rilski*, 48(IV), pp. 33-37.
- Dasgupta, A., Williams, S., Nelson, G., Manuel, M., Dasgupta, S. y Gračanin, D. (2021). "Redefining the Digital Paradigm for Virtual Museums". En Rauterberg, M. (eds) *Culture and Computing. Interactive Cultural Heritage and Arts. HCI 2021*. Springer, Cham. (Lecture Notes in Computer Science, vol 12794), pp. 357-373. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77411-0_23
- del Valle Rasino, M., Ayelén Broiero, X. y Garcia-Romero, L. (2020). "Museos virtuales iberoamericanos en español como contextos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(1), pp. 1-20. . Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19509>
- Fernández Caliani, J. C. (2011). Museo de Mineralogía de la Universidad de Huelva. Disponible en: <http://www.uhu.es/museovirtualdemineralogia/>
- Gallegos, J. A. (1998). "La construcción del concepto de mineral: Bases históricas y un diseño de enseñanza-aprendizaje". *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(1), pp. 159-170.

Gheorghiu, D. y Ștefan, L. (2014). "3D online virtual museum as e-Learning tool: A mixed reality experience". En *CSEDEU 2014 - Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education*, 2, pp. 379-388. <https://doi.org/10.5220/0004839003790388>

Gómez-Fernández, F., Fernández-Raga, M., Alaiz Moreton, H., Castañón, A. M. y Palencia, C. (2017). "The Interactivity of a Virtual Museum at the Service of the Teaching of Applied Geology". En *3rd International Conference on Higher Education Advances*. Valencia. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/HEAD17.2017.5366>

González Elices, P. (2021). "Consecuencias y uso de las TIC antes y después del coronavirus: Un estudio piloto". *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(2), pp. 211-220. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2021.n2.v1.2175>

Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A. y Suman, R. (2022). "Understanding the role of digital technologies in education: A review". *Sustainable Operations and Computers*, 3, pp. 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>

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

Jaén, M. y Roca, M. L. (2016). "El enfoque de los contenidos sobre rocas y minerales en libros de texto de 1o de ESO". *27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 1367-1374.

Katz, J. E. y Halpern, D. (2015). "Can Virtual Museums Motivate Students? Toward a Constructivist Learning Approach". *Journal of Science Education and Technology*, 24, pp. 776-788. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9563-7>

Koh, J. H. L. y Daniel, B. K. (2022). "Shifting online during COVID-19: A systematic review of teaching and learning strategies and their outcomes". *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00361-7>

Laita, E., Mateo, E., Mazas, B., Bravo, B. y 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), pp. 256-264.

Lepouras, G., Katifori, A., Vassilakis, C. y Charitos, D. (2004). "Real exhibitions in a virtual museum". *Virtual Reality*, 7(2), pp. 120-128. <https://doi.org/10.1007/s10055-004-0121-5>

López Jimeno, C. y Mataix González, C. (2022). "Las materias primas minerales y la transición energética". En *Minerales: Una cuestión estratégica en el siglo XXI*. Instituto Español de Estudios Estratégicos, Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica. pp. 61-174.

Lucha, P. (2021). "Breve reseña biográfica de Lucas Mallada en el centenario de su óbito". *Lucas Mallada. Revista de Ciencias* n° 23, pp. 25-50. Disponible en: <https://revistas.iea.es/index.php/LUMALL/article/view/2843>

Malraux, A. (2017). *El museo imaginario*. Madrid: Cátedra.

Marta, P., Leal, N., Simão, J. y Sequeira, J. (2018). "Mineralogy teaching and dissemination through virtual geocollections, using databases: The Portuguese mineralogy collection of the geological museum". *Comunicações Geológicas*, 105(1), pp. 5-9. Disponible en: <https://www.lneg.pt/iedt/unidades/16/paginas/263>

Mateo, E., Mazas, B., Lucha, P., Martínez, M. B., Cortés, Á. L. y Bravo, B. (2017). “¿Cómo se abordan los minerales en la Enseñanza obligatoria?: Reflexiones a partir de un análisis de libros de texto”. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0 (Núm. Extra), pp. 483-490.

McKenzie, J. (1997). “Laurie Anderson for dummies”. *TDR (Cambridge, Mass.)*, 41(2), pp. 30-51.

Mon, F. M. E. y Cervera, M. G. (2011). “El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías”. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.4995/redu.2011.6149>

Muñoz Cervera, M. C., Guardiola Bartolomé, J. V. y Cañaveras, J. C. (2015). “Innovación docente mediante la creación de recursos visuales para el aprendizaje de las ciencias geológicas”. En *XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria* (1.a ed.,). Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante, pp. 303-317. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/48859>

Muñoz Cervera, M. C., Guardiola Bartolomé, J. V., Cañaveras, J. C., Benavente García, D., Ordoñez Delgado, S. y Rodríguez García, M. Á. (2016). “Banco de imágenes de minerales y rocas (colecciones de laboratorio, grado de geología)”. *Innovaciones metodológicas en docencia universitaria: resultados de investigación*, pp. 1601-1614.

ORDEN ECD/1112/2022, de 18 de julio, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, (2022).

Orden ECD/1172/2022, de 2 de agosto, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón, (2022).

Orden ECD/1173/2022, de 3 de agosto, por la que se aprueban el currículo y las características de la evaluación del Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la comunidad autónoma de Aragón, (2022).

Pérez Campillo, Y. y Irazoque Palazuelos, G. (2009). “El uso de museos de primera generación como estrategia didáctica para la enseñanza de la Química en el bachillerato”. *Enseñanza de las ciencias*, 0, pp. 574-577.

Restrepo Martínez, C. (2012). *Museos y colecciones mineralógicas catalanas: Historia, gestión, divulgación y patrimonio*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en TDX (Tesis Doctorals en Xarxa): <https://www.tdx.cat/handle/10803/81560>

Romea, A. C. y Del Rincón, M. M. (2016). “Uso del Smartphone en el aula para fomentar la participación de los estudiantes a través de la herramienta Mentimeter”. En *VII Jornada de Buenas Prácticas en la Docencia Universitaria con Apoyo de TIC*.

Ruso, L. y Topdal, E. B. (2014). “The use of Museums for Educational Purposes Using Drama Method”. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, pp. 628-632. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.110>

Sala, F. J. A. (2022). “La COVID-19 impulsa las nuevas tecnologías en el aula universitaria”. *Miscelánea Comillas. Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 80(157), Article 157. <https://doi.org/10.14422/mis.v80.i157.y2022.007>

Schweibenz, W. (2004). “The Development of Virtual Museums”. *ICOM News Magazine*, 57(3), 3.

Schweibenz, W. (2019). “The virtual museum: An overview of its origins, concepts, and terminology”. *The museum review*, 4(1), 28. <https://doi.org/10.1515/tmr-2019-0001>

Somoza Rodríguez, M. (2011). "Musealización del patrimonio educativo de los institutos históricos de Madrid. Propuestas para un museo virtual". *Arbor*, 187(749 SE-Artículos), 573-582. <https://doi.org/10.3989/arbor.2011.749n3010>

Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K. y Petros, P. (2009). "Virtual museums, a survey and some issues for consideration". *Journal of Cultural Heritage*, 10(4), pp. 520-528. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.03.003>

Valero, A., Calvo, G. y Valero, A. (2021). "Nuevos materiales, nuevas tecnologías y nuevos retos para la transición ecológica". *Ambienta*, 128, pp. 30-41. Disponible en: <https://sites.google.com/gl.miteco.gob.es/revistaambienta2/revista-128/128-articulo-nuevos-materiales>

Valero, A., Calvo, G. y Valero, A. (2022). "Thanatia. Límites minerales de la transición energética". *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 156, pp. 27-41.

Fecha de recepción 12 de ABRIL de 2023

Fecha de aceptación 4 de DICIEMBRE de 2023



Este artículo pertenece a la Universidad de Zaragoza
y se distribuye bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Eres libre de compartir copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
Bajo las condiciones siguientes:

Reconocimiento de la autoría, ya incluida en esta diapositiva.

NoComercial — no se puede utilizar el material para una finalidad comercial.

SinObraDerivada — Sin remezclar, transformar o crear a partir del material.