

# Propuesta didáctica para descubrir la Paleontología en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona

Senay OZKAYA DE JUANAS<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.32800/tmgb.2023.26.0049>

## Resumen

La fascinación de la sociedad por los fósiles y el método de trabajo paleontológico permite dar a conocer, tanto la labor científica de la Paleontología, cómo la importancia de la Geoconservación. La divulgación, junto a la didáctica, son dos herramientas eficaces para transmitir a la sociedad conocimientos sobre la Historia de la Tierra y de la Vida y sobre la importancia del cuidado patrimonial, pudiendo conformar un aprendizaje significativo respecto a estos temas. Un lugar idóneo para realizar actividades didácticas de divulgación paleontológica a público de todas las edades se encuentra en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), que dispone de una creciente Colección Didáctica de Paleontología, la cual incluye fósiles y réplicas. En este trabajo se proponen diversos talleres didácticos, sobre distintas disciplinas de esta ciencia natural, que incluyen actividades presentadas en formato de fichas en las que se indican la edad recomendada a partir de la cual puede realizarse la actividad, los objetivos específicos y contenidos que abarca, los recursos materiales necesarios para llevarla a cabo, la explicación de su desarrollo, y las observaciones para adaptarla a distintas necesidades o niveles educativos. Asimismo, se propone un método de evaluación de estas actividades con el fin de adaptarlas en el futuro. Por tanto, esta propuesta tiene por objetivo ampliar la oferta de actividades didácticas en el MCNB, a la vez que sirve como ejemplo para otras instituciones museísticas que quieran incorporar secuencias de enseñanza-aprendizaje significativas a sus tareas principales de comunicación científica.

Palabras clave: Didáctica, Paleontología, Colección Didáctica, MCNB.

## Abstract

OZKAYA DE JUANAS, S. Didactic proposal to discover Paleontology at the Museu de Ciències Naturals de Barcelona. Society's fascination for fossils and the methodology followed for palaeontological work allows to raise awareness about the scientific labour of Palaeontology, and regarding the importance of Geoconservation. Outreach, along with Didactics, are efficient tools to transmit to society knowledge concerning the History of Earth and Life, and about the relevance of Natural Heritage conservation. allowing a meaningful learning towards these topics. An ideal environment to undertake palaeontological didactic and outreach activities for children and adults is the Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), that disposes of a growing Palaeontological Didactic Collection, which includes fossils and replicas. In this work various didactic workshops have been proposed, regarding different Natural Science disciplines, and including activities presented as file cards in which the recommended age of participants, needed resources, explanations of the development of the activity, and observations to adapt them to different educational needs or levels are specified. In addition, an evaluation method for these workshops is also proposed, in order to adapt them in the future. Therefore, this proposal has the main objective of widening the offer of didact activities at the MCNB, in addition of being an example for other Natural History institutions which would like to incorporate meaningful learning experiences to their main scientific communication tasks.

Key words: Didactics, Palaeontology, Didactic Collection, MCNB.

---

<sup>1</sup> Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra (CITEUC), Observatório Astronómico, Almas de Freire, Santa Clara, 3040-004 Coimbra, Portugal.

Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.

Grupo de Investigación Paleolbérica Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, Edificio de Ciencias, 28805 Alcalá de Henares, España.

Correo del autor: senay.ozkaya@edu.uah.es

## Resum

OZKAYA DE JUANAS, S. Proposta didàctica per descobrir la Paleontologia en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona. La fascinació de la societat pels fòssils i el mètode de treball paleontològic, permet dur a terme una posada en valor, tant de la labor científica de la Paleontologia, com de la importància de la geoconservació. La divulgació, juntament amb la didàctica, són eines eficaces per transmetre a la societat coneixements sobre la Història de la Terra i de la Vida i sobre la importància de la cura patrimonial, podent conformar un aprenentatge significatiu respecte a aquests temes. Un lloc idoni per realitzar activitats didàctiques de divulgació paleontològica a nens i adults es troba en el Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), que disposa d'una creixent col·lecció didàctica de paleontologia, la qual inclou fòssils i rèpliques. En aquest treball es proposen diversos tallers didàctics, sobre diferents disciplines d'aquesta ciència natural, que inclouen activitats presentades en format de fitxes en les quals es disposen l'edat recomanada a partir de la qual pot realitzar-se l'activitat, els objectius específics i continguts que abasta, els recursos materials necessaris per a dur-la a terme, l'explicació del seu desenvolupament, i les observacions per adaptar-la a diferents necessitats o nivells educatius. Així mateix, es proposa un mètode d'avaluació d'aquestes activitats amb la finalitat d'adaptar-les en el futur. Per tant, aquesta proposta té per objectiu ampliar l'oferta d'activitats didàctiques en el MCNB, alhora que serveix com a exemple per a altres institucions museístiques que vulguin incorporar seqüències d'ensenyament-aprenentatge significatives a les seves tasques principals de comunicació científica.

Key words: Didàctica, Paleontologia, Col·lecció Didàctica, MCNB.

## INTRODUCCIÓN

La paleontología es una ciencia que ha fascinado a sectores muy amplios desde el siglo XIX. Y actualmente es considerada interesante tanto por niños y niñas de edades tempranas, como por adolescentes y adultos. Aprovechando esta fascinación de la sociedad por los fósiles y el método de trabajo científico, se facilita la posibilidad de llevar a cabo una puesta en valor, tanto de la labor científica de la paleontología, como de la importancia de la conservación del patrimonio natural en distintos contextos educativos. En España, diversos grupos de investigación realizan tareas de divulgación del conocimiento paleontológico como paso último de su método de trabajo (*e.g.*, Torcida, 2003; Alcalá *et al.*, 2010, entre muchos otros), al igual que importantes instituciones científicas como museos y centros de interpretación (Carbonell Uñó & López Galbe, 2015; Ozkaya de Juanas *et al.*, 2021a; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2022). Una herramienta que complementa a la divulgación para que ésta resulte más eficaz, se encuentra en la didáctica, dado que ayuda a transmitir conocimientos y valores de manera significativa (*sensu* Ausubel, 1968), haciendo al público partícipe de este proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, la didáctica no debiera utilizarse exclusivamente en la educación formal, sino también en la educación no reglada para transmitir de manera sencilla y amena los hallazgos científicos al resto de la sociedad (Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla, 2019). Un espacio ideal para emplear la didáctica a través del aprendizaje no formal se encuentra en los museos, ya que estas instituciones, además de conservar y exhibir el patrimonio científico y técnico, también adoptan una voluntad pedagógica (Laspra Pérez, 2013), pudiendo así el público aprender sobre las ciencias naturales en general y la paleontología en particular, no sólo atendiendo a explicaciones teóricas, sino también visualizando contenido gráfico, escuchando, manipulando e incluso creando (Ozkaya de Juanas *et al.*, 2018).

El Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB) es una institución pública con más de 140 años de historia que conserva un patrimonio superior a los tres millones de ejemplares correspondientes a los ámbitos de la mineralogía, petrología, paleontología, zoología y botánica. Desde hace más de una década su funcionamiento se basa en la Declaración Buffon (2007), en la que se estipula el papel fundamental de informar a la sociedad sobre los avances científicos y la puesta en valor de la protección del Patrimonio Natural.

El plan estratégico del MCNB, accesible desde la web institucional, establece como prioridad el propósito de que el museo se convierta en un referente en educación sobre el mundo natural. Los objetivos de aprendizaje explicitan lo que esta institución, por medio de las actividades, espera que los usuarios logren alcanzar. En este sentido, el equipo de educación del propio MCNB, en colaboración con técnicos de otras instituciones como el Museu Agbar de les Aigües y del Grupo de Investigación Còmplex del Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona, desarrollaron un modelo didáctico dirigido, especialmente, a los museos y centros de ciencia (Banqué *et al.*, 2013). En dicho modelo se establecían, entre otros aspectos, bases teóricas de lo que debía contemplar un proyecto educativo, pero no definían acciones o actividades didácticas concretas para todos los ámbitos de las ciencias naturales.

Recientemente, el Departamento de Paleontología del MCNB se propuso definir e impulsar la propuesta educativa específica de paleontología mediante la descripción de un marco estratégico claro que sirviese como hoja de ruta en la elaboración de una colección didáctica y de actividades para todos los públicos (Vicedo *et al.*, 2021). Lo que permite diseñar y desarrollar una amplia diversidad de actividades dirigidas a diferentes públicos y con objetivos específicos distintos según las necesidades



Figura 1. Muestras de fósiles de la Colección Didáctica del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB). A. Fragmento de ammonite, ACT-PAL 31. B. Muestra micropaleontológica de distintos foraminíferos del Eoceno, ACT-PAL 38. C. Equinodermos del género *Micraster*, ACT-PAL 71. D. Réplica de pez *Racolepsis* sp.

Figure 1. Fossil samples from the Didactic Collection of the Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB). A. Ammonite fragment, ACT-PAL 31. Micropalaeontological sample of diverse Eocene foraminifera, ACT-PAL 38. C. Echinoderms of genus *Micraster*, ACT-PAL 71. Replica of a *Racolepsis* sp. fish.

educativas (e.g., Díaz-Acha *et al.*, 2021). Así, considerando el potencial pedagógico y los objetivos del MCNB como institución pública, en este trabajo se describe una propuesta didáctica, sobre la paleontología, utilizando como recurso principal los fósiles y las réplicas de la colección didáctica de este mismo departamento (Fig. 1). Dicha propuesta ha sido organizada en talleres enfocados a distintas disciplinas paleontológicas, incluyendo en cada uno de ellos distintas actividades didácticas que puedan ser replicadas tanto por el propio museo como por otras instituciones museísticas y educativas.

## CONTEXTO METODOLÓGICO

El modelo didáctico que tiene definido como referencia de sus actividades pedagógicas el Museu de Ciències Naturals (Banqué *et al.*, 2013), permite incluir un amplio abanico de proyectos individuales que abarquen sus propios objetivos específicos, contenidos, metodologías y distintos modelos para el aprendizaje de las ciencias

naturales (e.g., Vilchez-González, 2014). A continuación, se desarrolla el Marco Teórico y la Metodología del proyecto propuesto en este trabajo.

## Marco teórico

El modelo didáctico de enseñanza-aprendizaje para las ciencias naturales en el que se basa principalmente la propuesta aquí descrita es el constructivista que, como sugiere Novak (1988), entre otros autores, se fundamenta en contemplar la Ciencia como un proceso de interpretación de la realidad mediante la construcción de unos modelos que pueden ser sustituidos por otros. Un concepto constructivista de especial relevancia se encuentra en el andamiaje (*scaffolding*; Wood *et al.*, 1976), dado que, en él, el docente ha de actuar como un guía que pone a disposición de los alumnos una serie de herramientas para que éstos puedan descubrir y alcanzar los conocimientos teóricos y objetivos propuestos. Asimismo, se pretende llevar a cabo una inmersión científica a través de la cog-



nición situada, mediante la cual, como apuntan Brown *et al.* (1989), se muestra al público no sólo los resultados científicos, sino todo el proceso anterior a ellos, del que forman parte aspectos imprescindibles como el pensamiento crítico, la proposición y discusión de ideas o la evaluación de distintas hipótesis (Latour & Woolgar, 1995).

## Metodología

La amplia diversidad de contenidos (ver más abajo: Propuesta Didáctica) tratados en las actividades propuestas permite utilizar metodologías activas. Una de las principales consistirá en el empleo de gamificación durante el desarrollo de los talleres, es decir, introducir aspectos habituales de juegos en un contexto distinto (*e.g.*, Deterding *et al.*, 2011; Kapp, 2012). Para ello, a cada participante se le entregará una (1) “Paleotarjeta” (Fig. 2) en la que conseguirá un sello o pegatina por cada actividad realizada. Una vez completada, el participante puede canjear su “Paleotarjeta”, a modo de premio, por un Diploma de participación o material didáctico que se prepare con motivo de algún evento o jornada (*e.g.*, Día Internacional de la mujer y la niña en la ciencia, Semana de la Ciencia, Noche Europea de los Investigadores). Antes de entregar este Diploma, el participante debe rellenar una encuesta que contiene una serie de preguntas relacionadas con los talleres, actuando todo ello como recogida de retroalimentación (ver más abajo: Evaluación). Esta metodología puede ampliarse utilizando la obtención de insignias o medallas que pueden ir apareciendo a lo largo del recorrido de las actividades, éstas pueden tratar tanto contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales (*e.g.*, el monitor encargado puede repartir una insignia a aquellos participantes que han ayudado a otros para completar una actividad). Es de interés no confundir las técnicas de gamificación con otras metodologías didácticas como pueden ser el Aprendizaje Basado en Juegos (*e.g.*, Plass *et al.*, 2015) o “Serious Games” (Juegos Serios: *e.g.*, Freitas & Liarokapis 2011), donde se crean juegos con unos objetivos educativos concretos (*e.g.*, Calonge García *et al.*, 2020; Sanz-Pérez *et al.*, 2020).



Figura 2. Ejemplo de “Paleotarjeta” donde se indican los distintos talleres a realizar. Tras llevar a cabo las actividades los participantes podrán conseguir un sello en el taller correspondiente.

Figure 2. Example of “Palaeocard” where the different workshops are indicated. Once participants have finished the didactic activities, they can receive the corresponding stamp.

Además, durante el diseño de las actividades se han tenido en cuenta una variedad de metodologías didácticas que permiten adaptarse a la diversidad del público (*e.g.*, Ozkaya de Juanas *et al.*, 2020a; Alcalde-Fuentes *et al.*, 2020e), como la Teoría de las Inteligencias Múltiples (Gardner, 1983), o la Taxonomía de Bloom (Krathwohl, 2002), entre otras. Promoviendo el desarrollo de una base adecuada para la construcción del conocimiento científico, de competencias geocientíficas, o el pensamiento crítico. Complementariamente en este contexto también se ha tenido en cuenta el Marco para las Prácticas en Museos (*Framework for Museum Practice, FMP*: DeWitt & Osborne, 2007), que fundamenta su desarrollo en una serie de principios pedagógicos, proponiendo la creación y el diseño de recursos didácticos por parte de los equipos educativos de los museos de ciencias, con el objetivo de facilitar el desarrollo de las visitas escolares a estos centros, por parte de profesores y estudiantes de colegios, institutos y universidades (Ozkaya de Juanas *et al.*, 2021b).

Como se ha especificado más arriba, esta propuesta se ha diseñado para ser puesta en práctica en un contexto de aprendizaje no formal, no obstante, teniendo en cuenta las estrategias de Educación Fuera del Aula, las salidas de campo, y visitas a museos y centros de interpretación, conforman una herramienta fundamental en el aprendizaje de las ciencias naturales (Ozkaya de Juanas *et al.*, 2021a). Por ello, este trabajo también se encuadra dentro del paradigma STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas), actualmente contemplada en la nueva Ley Educativa de España (LOMLOE, 2020), asegurando una Educación Científica de calidad para todos.

Junto a los objetivos generales y contenidos que se detallan más abajo (ver: Propuesta Didáctica), esta secuencia tiene en cuenta tanto las competencias clave de la Unión Europea (CE, 2019), como la implicación de algunos de los Objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

La presente propuesta didáctica ha sido supervisada por los técnicos del Departamento de Paleontología del MCNB, teniendo en cuenta el modelo pedagógico descrito anteriormente, y la Colección Didáctica de este departamento (Vicedo *et al.*, 2021).

## RECURSOS MATERIALES E INFRAESTRUCTURAS

La colección didáctica de paleontología del Museu de Ciències Naturals de Barcelona nació con el ánimo de complementar las actividades educativas que se desarrollaban en ese momento, u otras que se diseñasen en el futuro, y que tenían por misión la divulgación de la paleontología. Su diseño se pensó como un recurso clave en la comunicación de los principios de esta disciplina científica y, paralelamente, para difundir las actividades relacionadas con la conservación y la investigación que se realizan en el museo y que tienen como objeto el patrimonio paleontológico mueble (Vicedo *et al.*, 2021).





Figura 3. Muestra de diversas actividades didácticas. A. Participantes realizando el panel didáctico interactivo “Paleontología vs. Arqueología” (Modelo de utilidad ES1268764). B. Primera parte de la actividad “Reconstruyendo el pasado” en la que se deben escoger las características correspondientes a los fósiles guía. C. Segunda parte de la actividad “Reconstruyendo el pasado”, dónde se han de colocar los fósiles en sus respectivas eras geológicas (Paleozoico, Mesozoico o Cenozoico). D. Taller “Somos paleontólogos I: Trabajo de campo”, los participantes deben excavar muestras de vertebrados y completar las cuestiones de su cuaderno de campo. E. Alumnos de Educación Primaria observando a través de la lupa binocular durante el taller “Micropaleontología: fósiles a través de la lupa”. F. Propuesta de recolección de retroalimentación, en el mural los participantes deben anotar “Hoy he aprendido...” y “Lo que más me ha gustado hacer...”.

Figure 3. Sample of various didactic activities. A. Participants completing the interactive didactic panel “Palaeontology vs. Archaeology” (Spanish utility model: ES1268764). B. First part of the activity “Reconstructing the past” where participants must choose the characteristics corresponding to index fossils. C. Second part of the activity “Reconstructing the past”, where fossils should be placed in their corresponding geological era (Palaeozoic, Mesozoic or Cenozoic). D. Workshop “We are palaeontologists I: fieldwork”, participants must dig up the vertebrate samples and complete the questions on their field notebook. E. Primary Education pupils observing through a binocular loupe during the workshop “Micropalaeontology: fossils through lens”. F. Feedback recollection proposal, on the mural participants must write down “Today I have learnt...” and “What I have enjoyed the most...”.

Por esta razón, las actividades aquí propuestas se basan principalmente en el empleo de la colección didáctica de paleontología del MCNB, aunque podrán ser desarrolladas por otras instituciones y especialistas dado que se encuentra especificado en cada ficha el tipo de ejemplar fósil que ha de utilizarse en cada actividad.

Los fósiles y las réplicas son imprescindibles en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la paleontología, permitiendo a los participantes observar y manipular objetos reales, dotando de autenticidad a los conceptos transmitidos. Asimismo, para llevar a cabo estos talleres será necesario material fungible, principalmente de oficina y manualidades, junto a los paneles y recursos complementarios especificados en cada una de las fichas de las actividades.

Se plantea que los talleres puedan realizarse simultáneamente de manera rotativa, por lo que se debe de disponer de un amplio espacio, ya sea una misma sala, o varias zonas diferenciadas y destinadas a cada uno de los talleres. Por tanto, cada taller ha de contar con un área que pueda ser ambientada con pósteres y paneles explicativos y otro material didáctico, que apoyen los contenidos teóricos, y que permitan desarrollar actividades de manera autónoma, facilitando el desarrollo de la competencia para aprender a aprender, y permitiendo al docente o monitor ser un observador y guía durante este proceso. Asimismo, es conveniente que las personas encargadas de la realización y supervisión de las actividades no sean únicamente especialistas científicos, sino que también dominen aspectos relacionados con la divulgación, didáctica y educación, con el fin de transmitir unos conceptos rigurosos a la vez que alcanzables por el público en general (Carcavilla *et al.*, 2010).

## PROPUESTA DIDÁCTICA

La propuesta didáctica consta de cuatro talleres, a saber, Explorando la Historia de la Tierra, Somos paleontólogos, Paleobotánica: la conquista terrestre y Micropaleontología: fósiles a través de la lupa (Fig. 3). Cada taller engloba distintas actividades, cuyas temáticas principales versan sobre la disciplina del taller, complementándose con otros contenidos relacionados. De esta manera, los talleres pueden desarrollarse independientemente entre sí, adaptando cada sesión educativa a los objetivos propuestos en cada momento, o escogiendo los talleres más adecuados a cada sesión. En este trabajo se han incluido entre dos y tres actividades didácticas en cada taller, unas inéditas y otras adaptadas de previas intervenciones de la autora (*e.g.*, Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla, 2019). Se trata de una propuesta flexible, por lo que a medida que vayan incluyéndose nuevos materiales a la colección didáctica de paleontología, se contempla también la ampliación de los talleres.

Las actividades se presentan en formato de fichas (con estructura de tablas) en las que se incluye su título, la edad a partir de la cual se recomienda realizar la actividad, los objetivos específicos, los contenidos, los recursos necesarios, el modo de desarrollo, y algunas observacio-

nes sobre cómo realizar o cómo adaptar la actividad. Cabe destacar que las edades recomendadas están basadas en la experiencia docente de la autora, no obstante, la edad adecuada puede variar en función de diversos factores y es aconsejable tener en cuenta la opinión del profesorado en cada caso. Asimismo, con el objetivo de adaptar los talleres a distintos niveles educativos, se ha de tener en cuenta que en aquellas actividades en las que se deba escribir, esto puede sustituirse por dibujar en los casos necesarios.

## Objetivos

Esta propuesta didáctica se presenta con el propósito de dotar al Museu de Ciències Naturals de Barcelona de una serie de recursos educativos relacionados con la geología en general, y la paleontología en particular, pero, no obstante, puede llevarse a cabo por otros especialistas y distintas instituciones si se dispone de los recursos necesarios. Concretamente se enfoca a ser realizada en forma de talleres teniendo en cuenta los distintos eventos en los que la divulgación científica se acerca a la sociedad (*e.g.*, Semanas de la Ciencia y Jornadas de puertas abiertas: Ozkaya de Juanas *et al.*, 2020b; Ozkaya de Juanas *et al.*, 2022). Por este motivo, se marcan una serie de objetivos generales con la intención de que sean alcanzados por los participantes durante el desarrollo de las actividades:

- Reconocer la paleontología como parte de las ciencias naturales.
- Desarrollar el método de trabajo científico seguido por los paleontólogos.
- Comprender la utilidad y relevancia de los resultados científicos obtenidos en paleontología para reconstruir la historia de la Tierra y la vida.
- Conocer las disciplinas implicadas en el estudio de la paleontología y su importancia para la ciencia.
- Comprender que los fósiles son parte del patrimonio natural y valorar la importancia de su protección y conservación en la actualidad.
- Aprender a aprender utilizando los recursos ofrecidos.
- Desarrollar habilidades y aptitudes relacionadas con las ciencias y el método científico.

## Contenidos

Los talleres incluyen distintas disciplinas paleontológicas. Con el fin de profundizar en éstas, los contenidos tratados durante el desarrollo de las actividades se encuadran los siguientes:

- Paleontología general
  - Historia de la Vida y de la Tierra
  - El Tiempo Geológico
  - Paleobiología
  - Paleoecología
  - Micropaleontología
  - Paleobotánica



- Trabajo científico-técnico  
Método de trabajo científico-paleontológico  
conservación y patrimonio natural

Tanto los objetivos generales como los contenidos se encuentran en consonancia con los estipulados como parte del modelo pedagógico del MCNB (Vicedo *et al.*, 2021).

### TALLER “EXPLORANDO LA HISTORIA DE LA TIERRA”

Pretende dar a conocer la paleontología como ciencia y su objeto de estudio principal, los fósiles. En él se incluyen actividades sobre la historia de la Tierra, relacionadas con la tabla cronoestratigráfica, el proceso de fosilización, los fósiles guía, y la deriva continental, entre otros.

Debido al nivel de abstracción requerido para la comprensión del tiempo geológico, y la importancia que éste tiene en paleontología (y para la realización de varias de las actividades de toda la propuesta), es recomendable proporcionar previamente a los participantes conceptos básicos de este conocimiento a través de diferentes maneras. Es de interés tener en cuenta que el tiempo geológico conforma un concepto abstracto y complejo (e.g., Pedrinaci, 1993; Dodick & Orion, 2006), por lo que presentar la historia de la Tierra y sus principales eventos como “líneas cronoestratigráficas” o un “calendario”, facilitará la comprensión de los contenidos a tratar en las actividades.

Se contempla en este taller la realización de tres actividades: “Paleontología vs. Arqueología” (Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla, 2019:102), “Los fósiles de mi ciudad: Barcelona” y “Reconstruyendo el pasado”.

La actividad “Paleontología vs. Arqueología” tiene como objetivo principal distinguir ambas disciplinas comprendiendo sus respectivos objetos de estudio. Para ello, se ha de ir rellenando el panel didáctico interactivo (Modelo de utilidad ES1268764) con imágenes que corresponden a elementos de ambas disciplinas (Fig. 3A). Ver ficha completa en Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla (2019:102). Se recomienda realizar esta actividad como una primera aproximación a la realización de los talleres, ya que es indispensable comprender qué abarca el estudio de la paleontología, midiendo por un lado las ideas previas de los participantes, y permitiendo por otro, comenzar a construir el conocimiento en base a estos conceptos.

#### **Los fósiles de mi ciudad: Barcelona**

*Edad recomendada.* A partir de 3 años.

##### *Objetivos específicos*

Observar distintos fósiles autóctonos de la ciudad de Barcelona (o localidades cercanas). Conocer los medios sedimentarios en los que éstos fosilizaron, para así comprender el cambio ecológico que sufre una región con el paso de millones de años.

##### *Contenido*

Paleobiología, paleoecología y protección patrimonial

##### *Recursos necesarios*

- Originales o réplicas de fósiles autóctonos de Barcelona (o sus alrededores).
- Imágenes de los paleoambientes correspondientes a cada muestra.
- Paneles explicativos de los cambios de los medios sedimentarios en los que fosilizaron (y vivieron) los correspondientes organismos.

##### *Desarrollo*

Se han de disponer los fósiles, preferiblemente por orden cronológico, a lo largo de una mesa (o vitrina de exposición si es necesario) acompañados de sus correspondientes imágenes paleoambientales y paneles explicativos. Las transiciones temporales pueden complementarse con flechas (ayudan a comprender que se trata del mismo lugar, y que éste cambia con el paso del tiempo). Los participantes han de ir avanzado en orden cronológico atendiendo a las explicaciones y preguntas del docente.

##### *Observaciones*

Se aconseja que el docente que se encuentre en la mesa destaque que la actividad se basa en fósiles autóctonos. De esta manera, los fósiles cobran especial relevancia para crear una vinculación con los participantes, mostrando que el patrimonio es de todos, y que existe asimismo un patrimonio natural local que debe protegerse y conservarse.

#### **Reconstruyendo el pasado**

*Edad recomendada.* A partir de 6 años.

##### *Objetivos específicos*

Identificar las características principales de los fósiles guía. Emparejar fósiles guía con su era y ambiente.

##### *Contenido*

Paleontología general, Historia de la Tierra, Tiempo Geológico, paleoecología.

##### *Recursos necesarios*

- Tarjetas impresas con características reales (ver en Desarrollo) y falsas de los fósiles guía.
- Fósiles representativos (originales o réplicas) marinos y continentales del Paleozoico (e.g., arqueociatos, trilobites, calamites), Mesozoico (e.g., ammonites: Fig. 1A; cráneo de dinosaurio o restos fácilmente reconocibles del grupo) y Cenozoico (e.g., restos de équidos u otros grandes mamíferos).

- Tarjetas con los nombres de las eras (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) y con imágenes de los ambientes (marino y continental).
- Material de apoyo: mapas paleogeográficos de distintos periodos.

#### Desarrollo

Primeramente, con la ayuda de una breve explicación de la importancia de los fósiles guía, los participantes han de escoger las características correctas correspondientes a estos (abundantes en el registro, de distribución global, de evolución rápida, y que están presentes en un rango temporal restringido: Fig. 3B). Una vez se conoce lo que es un fósil guía, han de situar cada muestra de fósil representativo en su era correspondiente, y dentro de ésta indicar si pertenece a un ambiente marino o continental (Fig. 3C).

#### Observaciones

Se pueden introducir o descartar fósiles para adaptarlos a distintas edades y colectivos concretos. Al trabajar con las eras geológicas utilizaremos fósiles representativos explicando su diferencia con los fósiles guía *sensu stricto*.

### TALLER SOMOS PALEONTÓLOGOS

Incluye tres actividades que han de ser realizadas en orden (Somos paleontólogos I, II y III: Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla, 2019: 103-107). Tiene como objetivo principal que los participantes conozcan y lleven a cabo, de manera adaptada, los tres pasos de los que consta el método de trabajo paleontológico (Trabajo de campo, Trabajo de laboratorio, y Trabajo de gabinete y de divulgación), dando así a conocer esta ciencia, y poniendo en valor la profesión del paleontólogo. Se presenta aquí una ampliación de la actividad “Somos paleontólogos I”, ya que originalmente el trabajo de campo a realizar por los participantes es aquel relacionado con las muestras de fósiles de invertebrados (*e.g.*, braquiópodos, moluscos, equinodermos: Fig. 1C).

#### **Somos Paleontólogos I: Trabajo de campo**

*Edad recomendada.* A partir de 3 años.

#### *Objetivos específicos*

Conocer las herramientas y los métodos de trabajo de los paleontólogos durante la labor de campo.  
Realizar el trabajo de campo con muestras de vertebrados mediante una simulación adaptada.

#### *Contenido*

Paleontología general, Paleobiología.

#### *Recursos necesarios*

- Cajones de arena con esqueletos falsos pegados al fondo.
- Utensilios de excavación (paletinas, cepillos, brochas).
- Cuaderno de campo. Ficha adaptada.
- Lápices y ceras de colores.

#### *Desarrollo*

Primeramente, se debe realizar una breve explicación de las tres fases del trabajo paleontológico (Trabajo de campo, laboratorio, y de gabinete y divulgación), diferenciando entre cómo se extrae en campo distintos tipos de muestras, esencialmente, recogida de invertebrados (ver Ozkaya de Juanas & Barroso-Barcenilla, 2019: 103) y excavación de vertebrados (Fig. 3D). Para este último, se han de disponer los cajones con los falsos esqueletos cubiertos de arena a modo de yacimiento o cata, permitiendo a los participantes utilizar los utensilios de excavación para descubrir los “fósiles”. A continuación, se debe repartir la ficha de cuaderno de campo, para que lo vayan completando, escribiendo (*e.g.*, nombre de la cata, fecha, restos encontrados) y dibujando (esquema de su cata).

#### *Observaciones*

Se recomienda que los falsos esqueletos se encuentren pegados en conexión anatómica, para facilitar la comprensión del participante. Si se trata con edades mayores (*e.g.*, a partir de 12 años), pueden colocarse desarticulados o fragmentados.

### TALLER DE PALEOBOTÁNICA: LA CONQUISTA TERRESTRE

Para la realización de las actividades de este taller es conveniente disponer de fósiles vegetales, reconstrucciones de plantas y hojas actuales de ejemplares comúnmente denominados “fósiles vivientes” (*e.g.*, *Gynkgo biloba*, *Liquidambar*). También pueden incluirse actividades relacionadas con la paleopalínología, explicando que se trata de otra disciplina destacada en paleobotánica.

Asimismo, si en la colección se dispone de carbón mineral, puede aprovecharse para explicar cómo esta fuente de energía que extraemos en la actualidad se formó en su mayoría durante el Carbonífero y la importancia de consumir de manera responsable los recursos energéticos basados en combustibles fósiles. Todo con un doble objetivo, por un lado, para comunicar que hay que ser respetuosos con el medio ambiente y, por otro lado, para concienciar de que se trata de un recurso natural no renovable (ver más abajo la actividad “La edad del carbón”).



### **Cuidamos y disfrutamos del patrimonio**

*Edad recomendada.* A partir de 3 años.

#### *Objetivos específicos*

Comprender que los fósiles forman parte del patrimonio, teniendo derecho a disfrutarlos y el deber de protegerlos.

#### *Contenido*

Paleobotánica y protección patrimonial.

#### *Recursos necesarios*

- Ejemplares de réplicas de fósiles vegetales (impresiones negativas o positivas, por ejemplo, de *Sigillaria* sp. y Pteridospermatophyta).
- Papel de calco (papel cebolla, de colores).
- Lápices y ceras de colores.

#### *Desarrollo*

Se ha de colocar una hoja de papel sobre uno de los ejemplares, y marcar con un lápiz o una cera ligeramente en el papel para que se plasme el contorno de la impresión carbonosa, obteniendo así el fósil replicado. Los dibujos pueden completarse con el nombre e información de interés del fósil o su entidad paleobiológica.

#### *Observaciones*

Pueden prepararse cuartillas de papel decoradas para que el resultado final sea como una postal, algo para guardar. Es esencial transmitir la importancia de conservar el patrimonio *in situ*. Con la “réplica” fósil en papel, se obtiene un recuerdo sin necesidad de llevarse el fósil. Asimismo, puede aprovecharse el uso de los teléfonos móviles o tabletas para realizar fotografías y después describir las muestras en una etiqueta, mostrando diversas maneras de disfrutar del patrimonio sin necesidad de expoliar.

### **La edad de carbón**

*Edad recomendada.* A partir de 6 años.

#### *Objetivos específicos*

Observar el carbón como un recurso natural no renovable que es utilizado en la actualidad, tras su formación, hace más de 400 millones de años, a partir de restos vegetales. Conocer el contexto paleoecológico del Carbonífero.

#### *Contenido*

Historia de la Tierra, paleoecología y paleobotánica.

#### *Recursos necesarios*

- Muestras de árboles y arbustos del Carbonífero.
- Imágenes de reconstrucciones de cada una de las plantas representadas en las muestras.
- Reconstrucción de un bosque del Carbonífero (representando estratos arbóreos y arbustivos).

#### *Desarrollo*

Los participantes han de relacionar cada muestra con su reconstrucción, distinguiendo fundamentalmente restos correspondientes a árboles y a arbustos. Pueden incluirse tanto muestras de troncos como de hojas pertenecientes a un mismo grupo vegetal para aumentar la complejidad (*e.g.*, *Annularia* y *Calamites*). Para terminar la actividad pueden incluirse distintas muestras o reconstrucciones de otros periodos (*e.g.*, angiospermas del Cretácico), y ordenarlas para ver su evolución.

#### *Observaciones*

La actividad puede ampliarse explicando por qué existen dos nombres diferentes para muestras que corresponden a restos de una misma especie vegetal. También pueden incluirse distintos paleoambientes en los que crecieron estas plantas, siendo otro factor con el que relacionar las muestras.

## TALLER DE MICROPALAEONTOLOGÍA: FÓSILES A TRAVÉS DE LA LUPA

En este taller se propone explicar el método de trabajo micropaleontológico, ya que difiere en varios aspectos del tratamiento de muestras macropaleontológicas. Para el desarrollo de las actividades será necesario disponer de lupas binoculares y microscopios, además de muestras de microfósiles (e.g., foraminíferos, conodontos, microvertebrados). Talleres similares han sido propuestos por otros autores (e.g., Arenillas *et al.*, 2000; Calonge & García, 2001; Corbí-Sevilla, 2019) incluyendo más pasos del trabajo micropaleontológico, como la recogida de muestras en un afloramiento como parte del itinerario, y dirigido a un público de mayor edad (e.g., Educación Secundaria, Enseñanza Universitaria).

### **En busca de microfósiles**

*Edad recomendada.* A partir de 5 años.

#### *Objetivos*

Reconocer e identificar distintos grupos de microfósiles utilizando la lupa binocular. Conocer que éstos pueden corresponder a individuos completos (e.g., foraminíferos: Fig. 1B) o formar parte de otros seres de mayor tamaño (e.g., dientes).

#### *Disciplina*

Micropaleontología.

#### *Recursos necesarios*

- Lupas binoculares.
- Muestras de sedimentos fosilíferos.
- Levigados de foraminíferos de interior simple, conodontos (aparatos conodontales) y microvertebrados (dientes, huesos...).

#### *Desarrollo*

Se han de distribuir las lupas binoculares en 3 áreas. En la primera deben observarse las muestras de sedimento, en el que los participantes han de intentar distinguir en éste los microfósiles. Tras esta identificación se ha de rotar a la segunda área, donde se encuentran los levigados, pudiendo así observar en detalle la morfología de los distintos grupos de microfósiles. Por último, una vez conocen el aspecto de los ejemplares, han de acudir a la tercera área (o volver atrás, a la primera área, dependiendo de la disposición que se escoja) en la que las muestras se encontrarán de nuevo en sedimento para que puedan reconocer los microfósiles del sedimento (Fig. 3E).

#### *Observaciones*

Debido al valor económico de las lupas binoculares es aconsejable que el monitor se encuentre siempre presente, y se encargue de un número reducido de participantes. Para ampliar la actividad puede incluirse dibujar lo que se ve a través de la lupa en el primer puesto.

### **¿Qué nos cuenta la microfauna?**

*Edad recomendada.* A partir de 5 años.

#### *Objetivos*

Conocer que existe microfauna y cómo ésta puede proporcionar información paleoecológica, esencial en estudios diversos, como los paleoclimáticos. Reconocer distintos grupos de microfósiles.

#### *Disciplina*

Paleobiología, paleoecología y micropaleontología.

#### *Recursos necesarios*

- Microscopios.
- Láminas delgadas (radiolarios y foraminíferos).
- Imágenes de cada uno de los grupos representados en las láminas delgadas.
- Hojas de papel y utensilios para dibujar.

#### *Desarrollo*

Cada participante ha de observar a través del microscopio una lámina delgada, y en ella buscar lo que considere microfósiles. A continuación, debe dibujar los fósiles seleccionados. Después ha de ir a la mesa de las imágenes e intentar identificar su dibujo con el ejemplar correspondiente, anotando la información proporcionada junto a las imágenes.

#### *Observaciones*

La actividad puede ampliarse incluyendo otros organismos, como los silicoflagelados, teniendo en cuenta que éstos son microflora).

## EVALUACIÓN

Con el fin de conocer si los objetivos propuestos han sido alcanzados de manera eficaz por parte de todos los participantes, o detectar posibles carencias y necesidades en el planteamiento y desarrollo de las actividades, es necesaria la recolección de retroalimentación (*Feedback*: e.g., Askew, 2000; Hattie, 2012). Se proponen aquí dos maneras de recoger esta información.

La primera de ellas forma parte del método de gamificación propuesto en la metodología. Una vez que los participantes han completado sus “Paleotarjetas” pueden intercambiar éstas por el Diploma o premio (Fig. 2). No obstante, para poder recibirlo, han de rellenar una breve encuesta en la que pueden incluirse preguntas sobre el contenido de las actividades, sobre las emociones durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y sobre sus gustos e interés previos y posteriores a este proyecto.

El segundo método de recogida de retroalimentación se basa en un mural. Este mural ha de situarse en un

lugar visible, preferiblemente cerca de la salida del espacio donde se estén desarrollando los talleres, para que todos los participantes puedan rellenarlo antes de irse. En el mural podrá leerse frases como “Hoy he aprendido...” o “Lo que más me ha gustado...”, cada participante deberá escribir la respuesta sobre el propio mural o en un “*post-it*” (Fig. 3F). Todo ello permite determinar qué información ha resultado más relevante y qué aspectos de la paleontología desconocían los participantes para así adaptar o añadir actividades teniendo en cuenta estos datos.

Es de interés diseñar cuestionarios previos y posteriores tanto en papel como de manera digital (e.g., utilizando *Formularios de Google*) que permitan comparar datos de manera cuantitativa y cualitativa, junto a la adaptación continúa de las actividades a través de la observación directa.

## CONCLUSIONES

Los museos, centros de interpretación e instituciones afines de ciencias naturales, tienen, en su mayoría, como uno de sus objetivos principales, facilitar la comprensión de las distintas disciplinas científicas, atendiendo la diversidad del público. Por ello, los aspectos pedagógicos y didácticos son fundamentales para la consecución de estos objetivos.

Particularmente, el Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB), establece como primera prioridad poder ser un referente en educación sobre el mundo natural, diseñando para ello un modelo didáctico (Banqué *et al.* 2013). Basándose en este modelo, el Departamento de Paleontología del MCNB decidió impulsar esta idea definiendo un proyecto claro, del cual forma parte la creciente colección didáctica de paleontología (Vicedo *et al.*, 2021). Tras este trabajo se ha comprobado que este modelo permite el diseño y la incorporación de proyectos para la didáctica y la divulgación de la paleontología utilizando como recurso principal la colección didáctica de este departamento. Además, su flexibilidad permite introducir una variedad de metodologías didácticas para lograr conformar un aprendizaje significativo (*sensu* Ausubel, 1968) entre la amplia diversidad de público. Además, incluyen el desarrollo de las competencias clave de la Unión Europea (CE, 2019), y procuran la inclusión de la puesta en valor de la Agenda 2030 (ONU, 2015).

La agrupación de actividades en distintos talleres permite concretar acerca de distintos aspectos de la historia de la Tierra y de la vida y disciplinas paleontológicas, pudiendo atender a necesidades educativas específicas y al desarrollo de habilidades y aptitudes científicas (e.g., pensamiento crítico). Asimismo, facilita la modificación del planteamiento de secuencias didácticas, ya que pueden crearse una amplia variedad de sesiones combinando tantos talleres como actividades, adecuándose a los propósitos educativos de cada momento (e.g., temas específicos de educación formal, motivo de jornadas de puertas abiertas, semanas de la ciencia).

Las actividades utilizan réplicas, fósiles y recursos materiales que pueden ser fácilmente obtenidos para apoyar el desarrollo de estos talleres en distintos centros museísticos y educativos a escala global, con la intencionalidad de ser fácilmente reproducible por otros docentes e investigadores.

Se prevé que a medida que la colección didáctica de paleontología siga incluyendo nuevos ejemplares fósiles y réplicas, la oferta de actividades y talleres didácticos sigan creciendo para dotar al MCNB de una oferta didáctica que satisfaga los propósitos educativos de distintos sectores, tanto de la educación formal como de la no formal. Fomentando igualmente la participación de la sociedad, desde edades tempranas, en la ciencia ciudadana.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Dr. Vicent Vicedo del Departamento de Paleontología del Museu de Ciències Naturals de Barcelona (MCNB) por la supervisión del trabajo realizado durante la estancia en esta institución, que además ha posibilitado el desarrollo de este artículo. Gracias también a Yael Díaz Acha, David Fernández Lluch y a la Dra. Raquel Robles Salcedo, así como al resto del equipo del MCNB. Agradecimientos a Paloma Cendejas Torres (Universidad de Alcalá, UAH) por la ayuda brindada con el contenido visual, y al Dr. Fernando Barroso Barcenilla (UAH) y las revisoras Dra. Amelia Calonge (UAH) y Dra. Beatriz Carenas (Universidad Autónoma de Madrid) por sus valiosos comentarios para la mejora del manuscrito.

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del contrato predoctoral (UI/BD/150971/2021) de la Fundación para la Ciencia y Tecnología (Portugal).



## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, L., González, A., Luque, L. 2010. Talleres paleontológicos como recurso en la enseñanza de la Geología y la Biología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 18: 216–221.
- Alcalde-Fuentes, M. R., Audije-Gil, J., Berrocal-Casero, M., Ozkaya de Juanas, S., Pérez-Valera, F., Pérez-Valera, J.A. 2020. Geología y altas capacidades intelectuales: despertando el pensamiento científico en el aula. *Enseñanza de Ciencias de la Tierra (Monográfico de Geología Inclusiva)* 28.2: 176–188.
- Arenillas I, Alegret L Arz JA, Molina, E. 2000. The didactic use of the foraminifera in the teaching Earth Sciences: their paleoceanographic distribution across the Cretaceous/Tertiary boundary. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 8, 2:108–118.
- Askew, S. 2000. *Feedback for learning*. Routledge, London, United Kingdom, 192 p.
- Ausubel, D.P. 1968. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 733 p.
- Banqué, N., Bonil, J., Campo, R. E., Crespo, C., Gómez, R., López, T., López, E., Olmeda, M., Pedreira, M., Pejó. L., Soler, M., Viciano, S., Viladot, P. 2013 *Somos educación. Enseñar y aprender en los museos y centros de ciencia: una propuesta de modelo didáctico*. *Manuales del Museu 1*. Museu de Ciències Naturals de Barcelona, Barcelona, 353 p.
- Barroso-Barcenilla, F., Alcalde-Fuentes, M. R., Audije-Gil, J., Berrocal-Casero, M., Callapez, P. M., Ozkaya de Juanas, S. Pérez-Valera, J. A., Santos, V. F. dos, Segura, M. 2022. Discovering a Project for the Development of Geotourism in Rural Areas: The Palaeontological and Archaeological Interpretation Centre of Tamajón (CIPAT, Guadalajara. Spain). *Land*, 11(3): 444.
- Brown, J. S., Collins, A., Duguid, P. 1989. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18: 32–42.
- Calonge, A. & García, J. 2001: «Los foraminíferos: presente y pasado». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, núm. 9,2: 144-150.
- Calonge García, A., González Díaz, M., Brusi Belmonte, D., Alfaro García, P. & Teresa Moran Peco, M. 2020. Integrando conceptos geológicos a través del juego: R – OCA. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 28 (1): 120-124.
- Carbonell Uño, A. & López Galbe, T. 2015. Cuaderno de un viaje didáctico, la nueva propuesta didáctica del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona. *Revista de Museología*, 63: 75–83.
- Carcavilla, L., Berrio, M. P., Belmonte, A., Durán, J. J., López-Martínez, J. 2010. La Divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño del material escrito. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)* 104 (1-4): 93–110.
- CE- Comisión Europea Europea, Dirección General de la Educación, Juventud, Deport y Cultura. 2019. *Key competences for lifelong learning*, Publications Office.
- Corbí-Sevilla, H. 2019. Para ver el mundo en un grano de arena: microfósiles bajo la lupa. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 96, 24-32.
- Declaración Buffon. 2007. Consultado el 05/12/2019 en: <https://www.cbd.int/doc/external/external-meetings/buffon-2007-10-final-es.pdf>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. 2011. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, ACM, 9–15.
- DeWitt, J. & Osborne, J. (2007). Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29, 6, 685-710.
- Díaz-Acha, Y., Díaz-Ontiveros, I., Roquet Peña, M., Benaiges Torija, E., Zamora Angulo, A., Lucena Santiago, G., Ozkaya de Juanas, S. 2021. La Colección Didáctica del Departamento de Petrología del Museu de Ciències Naturals de Barcelona y la “Guía de rocas: Conocimientos básicos y actividades didácticas”. In *García-Forner, A., Conejero-Ortega, N., Díaz-Acha, Y. Libro de Resúmenes de la XXIV Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Valencia: 278–279.
- Dodick, J. & Orion, N. 2006. Building an understanding of geological time: A cognitive synthesis of the “macro” and “micro” scales of time. *Geological Society of America*, 413, 77–93.
- Freitas, S. & Liarokapis, F. Serious games: a new paradigm for education? In *Oikonomou, M. Ma. A. & Jain, L C. (eds.), Serious Games and Edutainment Applications*, Springer: 9-23
- Gámez Vintaned, J. A. 2010. La Paleontología en los museos XI Jornadas Aragonesas de Paleontología: Homenaje Al Profesor Eladio Liñán Guijarro. Zaragoza: Institución Fernando El Católico, 174 p.
- Gardner, H. 1983. *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. Basic Books, New York, 467 p.
- Hattie, J. 2012. *Visible learning for teachers: maximizing impact on learning*. Routledge, London, 296 p.
- Kapp, K. M. 2012. *The Gamification of learning and instruction. Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer, 336 p.
- Krathwohl, D. R. 2002. A Revision of Bloom s Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41 (4): 212-218.
- Laspra Pérez, B. 2013. El papel de los museos de ciencia y tecnología en los estudios demoscópicos de percepción social de la ciencia: El caso de España. *Revista de estudios para el desarrollo social de la comunicación*. *Redes.com.*, 7: 123–140.
- Latour, B. & Woolgar, S. 1995. *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid, Alianza Universidad, 165 p.
- LOMLOE - Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953.
- Novak, J. 2002. Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate hierarchies leading to empowerment of learners. *Journal of Science Education*, 86,4, 548-571.
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. 2015. *Objetivos del desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
- Ozkaya de Juanas, S. & Barroso-Barcenilla, F. 2019. Paleontología y su didáctica en Primaria: diseño y aplicación de actividades basadas en yacimientos cretácicos y sus fósiles. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Aula)*, 6: 95–113.
- Ozkaya de Juanas, S., Audije-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Callapez, P. M., Segura, M. 2018. “Paleosentidos”: Descubriendo el Cretácico Superior de Tamajón (Guadalajara, España). *Libro de Resúmenes del XX Simposio de la Enseñanza de la Geología*. Menorca: 135–262.
- Ozkaya de Juanas, S., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P. M., Carvalho, P. C. S., Lopes, F. C., Santos, V. F. dos. 2020a. Descubriendo yacimientos del Cretácico de España y Portugal: un proyecto educativo para el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra fuera del aula. In *Abrantes et al. (eds.), A holistic view of Earth and Space in its human and natural aspects a tribute to Professor Celeste Romualdo Gomes*. Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2: 613–634.
- Ozkaya de Juanas, S., Alcalde-Fuentes, M. A., Audije-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M. 2020b. Ense-

- ñanza-aprendizaje de Paleontología: "Paleopeques" en la Semana de la Ciencia". VI Congreso Internacional de Docentes de Ciencia y Tecnología, Madrid, Spain.
- Ozkaya de Juanas, S., Alcalde-Fuentes, M. R., Audije-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Callapez, P. M., Pérez-Valera, J. A., Santos, V. F. dos, Segura, M. 2021a. Discovering the Cretaceous Life at the Didactic Area of the Palaeontological and Archaeological Interpretation Centre of Tamajón, CIPAT (Guadalajara, Spain). *Lucas Mallada*, 23: 123–124.
- Ozkaya de Juanas, S., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P. M. 2021b. Didactic and outreach possibilities of the Cretaceous palaeontological site Figueira da Foz (Portugal). *Comunicações Geológicas*, 108: 125–130.
- Ozkaya de Juanas, S., Alcalde-Fuentes, M. R., Audije-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Callapez, P. M., Pérez-Valera, J. A., Segura, M. 2022. In Sanguino, F., Ozkaya de Juanas, S., Romero, S., Simarro, García-Zamora, E (eds.). 20 años de encuentros. Libro de resúmenes del XX Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología en Cañaverl de León, Huelva: 134.
- Ozkaya de Juanas, S., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Callapez, P. M. Virtual fossils for widening Geoeducation approaches: A case study based on the Cretaceous sites of Figueira da Foz (Portugal) and Tamajón (Spain). *Geosciences*, 13, 16.
- Plass, J., Homer, B., & Kinzer, C. 2015. Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist*, 50 (4): 258-283.
- Sanz-Pérez, D., Cambronero, I., García-Cobeña, J., García-Peco, V., Martínez-Nebreda, S., Ozkaya de Juanas, S., Fesharaki, O., García-Frank, A. 2020. "Evolutionary": divulgación y enseñanza de la paleontología mediante la gamificación. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28 (1): 125–36.
- Torcida, F. 2003. Didáctica sobre Dinosaurios en museos y centros educativos: experiencias desarrolladas en España. In: Pérez Lorente, F., Romero Molina, M. M., Rivas Carrera, P. (Coords.), *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos de España*. Universidad de la Rioja: Instituto de Estudios Riojanos, Logroño: 423–432.
- Vicedo, V., Ozkaya de Juanas, S., Fernández Lluch, D., Batlles, A., Ballester, M. 2021. Enhancing the educational value of palaeontological heritage: the didactic collection of the Museu de Ciències Naturals de Barcelona (Spain) and its strategic framework. *Geoheritage*, 13: 19.
- Vílchez-González, J.M. 2014. Didáctica de las Ciencias para Educación Primaria Volumen I. Ciencias del Espacio y de la Tierra. Madrid, Pirámide, 244 p.
- Wood, D., Bruner, J., Ross, G. 1976. The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Child Psychiatry*, 17: 89–100.