



Ikastorratza, e-Revista de Didáctica, es una revista en formato digital que publica artículos relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje, a través de Internet y bajo la licencia Creative Commons.

Ikastorratza, e-Revista de Didáctica, es una publicación seriada, gratuita y libre de ser impresa que cada seis meses divulga artículos científicos, propuestas didácticas y artículos de opinión sobre cuestiones relativas al mundo de la didáctica.

Ikastorratza, e-Revista de Didáctica, asume como objetivo principal la difusión del conocimiento pedagógico y de metodologías didácticas que favorezca la expansión de prácticas de educativas efectivas.

Ikastorratza, e-Revista de Didáctica, es una revista bilingüe, abierta a propuestas de autores y autoras que deseen publicar trabajos inéditos tanto en euskara como en castellano.

IKASTORRATZA. Didaktikarako e-aldizkaria

IKASTORRATZA. e-journal on Didactics

IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica

ISSN: 1988-5911 (Online) Journal homepage: <http://www.ehu.es/ikastorratza/>

Aproximación al modelo de cueva en la sociedad actual: una revisión de las investigaciones (1998-2018)

Ainara Achurra
ainara.achurra@ehu.es

To cite this article:

Achurra, A. (2019). Aproximación al modelo de cueva en la sociedad actual: una revisión de las investigaciones (1998-2018). *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, 22, 61-75. Retrieved from http://www.ehu.es/ikastorratza/22_alea/4.pdf

To link to this article:

http://www.ehu.es/ikastorratza/22_alea/4.pdf

Published online: 30 June 2018.

Aproximación al modelo de cueva en la sociedad actual: una revisión de las investigaciones (1998-2018)

Approximation to the cave model in current society: a revision of literature (1998-2018)

Ainara Achurra

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)
ainara.achurra@ehu.eus

Resumen

Este estudio es una revisión de la literatura existente (1998-2018) acerca del modelo que la ciudadanía posee sobre las cuevas. Las cuevas son la entrada natural que el ser humano dispone al medio subterráneo, cuyos acuíferos abastecen al 20-25% de la población mundial. La literatura revisada muestra que las investigaciones se encuentran en estadios muy preliminares. Es decir, prácticamente no existen estudios acerca del modelo de cueva como un todo; sin embargo, existen trabajos, mayoritariamente sobre concepciones alternativas, que tratan elementos subterráneos de manera individual. Entre ellos predominan los elementos hidrogeológicos y los quirópteros. Se concluye que posiblemente nos encontremos ante la ausencia de una alfabetización científica en cuanto al medio subterráneo.

Palabras clave: medio subterráneo, modelo mental, alfabetización científica, concepciones alternativas

Abstract

This article is a revision of the literature (1998-2018) concerning the cave model in current society. Caves are the human entry to the subterranean medium and aquifers in karstic areas supply with water about the 20-25% of world's population. Literature shows that investigations related to the cave model in current society are at a preliminary stage. That is, practically there are no studies that investigate the cave model as a whole; however, we found some research work, mostly about alternative conceptions, that analyzes separately several subterranean elements. Among them, hydrogeological elements and quiroptera are predominant. Based on those alternative conceptions, we conclude that we may well be facing a lack of scientific literacy in current society concerning the subterranean medium.

Key words: subterranean medium, mental model, scientific literacy, alternative conceptions

1. Introducción

Si bien hace un siglo el reto de la sociedad consistía en que la ciudadanía supiese leer y escribir, en la actualidad se persigue la alfabetización científica de todas las personas, entendiendo por ello la adquisición de los conocimientos científicos necesarios que permitan hoy a cualquier ciudadana o ciudadano desenvolverse en su vida diaria, además de realizar reflexiones y participar en la toma de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos (Fourez, 1997).

El constructo “alfabetización científica” surge probablemente a principios del siglo XX (Shamos, 1995), pero no es hasta las últimas décadas cuando se produce un aumento en su uso en el contexto educativo y social. Este crecimiento ha conllevado que parte de las investigaciones en el campo de la Didáctica de las Ciencias se centren en estudiar si determinado conjunto de la sociedad, habitualmente los escolares, poseen o no una adecuada alfabetización científica. Dicha alfabetización científica puede referirse a la ciencia en general o a un tema dado. Así, existen recursos, como el Test de Alfabetización Científica Básica (Laugksch y Spargo, 1996), que tienen por objeto medir el grado de alfabetización en ciencia en general. Respecto a los estudios que evalúan la alfabetización del alumnado en una temática concreta, cabe destacar que algunas materias han sido ampliamente investigadas, tales como la alfabetización geológica o alfabetización en ciencias de la Tierra (por ejemplo, Achurra, Garin y Díez, 2018). De hecho, existe un consenso en la comunidad científica del área de la Didáctica de las Ciencias sobre la necesidad de impulsar una mejora en la formación científica en ciencias de la Tierra a diferentes niveles educativos (Pedrinaci, 2012a; Pedrinaci et al., 2013).

Por otro lado, existen temáticas a las que se les ha dado una vaga importancia. Considerando que la invisibilidad se interpreta generalmente como inexistencia (aquello que no se ve, no existe), es fácil pensar que, en lo que se refiere a nuestro entorno cercano, temáticas relacionadas con el medio subterráneo, entre otras, las cuevas, no hayan sido objeto de exploración.

En cualquiera de los casos mencionados anteriormente, el estudio de la alfabetización científica de un grupo de individuos requiere que los sujetos expresen sus modelos mentales de alguna forma determinada. Es decir, el acceso a dichos modelos es siempre

de forma indirecta, y la metodología de acceso es elegida por las y los investigadores, por ejemplo, a través de cuestionarios.

2. Marco teórico

2.1. Qué entendemos por modelo

Hoy se sabe que aprendemos a partir de las representaciones del mundo que construimos en nuestra mente y que nos permiten explicar las experiencias vividas, así como realizar predicciones sobre nuevas situaciones. Estas representaciones internas se conocen como modelos mentales (Johnson-Laird, 2013). Por otro lado, los modelos conceptuales son aquellos diseñados por expertos como herramienta para la comprensión de una idea, objeto, proceso, etc. Estos son habitualmente simplificaciones de los modelos científicos. En general, se pretende que el modelo mental de un individuo sobre un tema dado se aproxime al modelo conceptual elegido (Moreira, Greca y Rodriguez, 2002).

2.2. Modelo conceptual de cueva

¿Qué es una cueva? Una cueva es una cavidad bajo tierra, de cualquier tamaño, cuyas características principales son la ausencia de luz y la estabilidad de sus condiciones climáticas (entre otras, temperatura ambiente constante y humedad relativa próxima a la saturación). Por tanto, forma parte del medio subterráneo (Culver y White, 2004). Fundamentalmente, una determinada cueva puede describirse en base a sus elementos físicos, biológicos y antrópicos. Así, el medio físico de una cueva se puede definir en base a su geología, geomorfología, hidrogeología, paisaje interno y climatología; en términos biológicos, destacan la fauna y la diversidad de hábitats; y en lo que se refiere a la acción del ser humano, se subrayan sus características arqueológicas, etnográficas (actividades económicas como la minería, uso religioso y mitología) y paleontológicas (Culver y White, 2004).

Las cavidades en roca caliza, también llamadas kársticas, son prácticamente el único tipo de cuevas naturales en el País Vasco (Instituto Tecnológico Geominero de España [ITGE], 1993). Las zonas kársticas tienen una gran relevancia para el ser humano básicamente porque los terrenos kársticos constituyen el 12% del total de la superficie terrestre; sobre ellos se asienta el 25% de la población mundial; y sus acuíferos abastecen

al 20-25% de la población mundial. De hecho, en Europa el 50% del agua potable proviene de acuíferos (Ford y Williams, 2007; ITGE, 1993).

La importancia de las cuevas también viene dada por ser un hábitat extremo donde, aunque no haya luz (ni por tanto organismos fotótrofos), existe una biodiversidad relativamente alta pero aun prácticamente desconocida. Los animales que son estrictamente cavernícolas (es decir, aquellos que no pueden vivir fuera de las cuevas) son particulares, y presentan adaptaciones al medio subterráneo como son la ausencia de ojos, color blanquecino-rosáceo, alargamiento de apéndices, etc. Estos animales se denominan troglobios si son terrestres y estigobios, si acuáticos (Culver y White, 2004; Culver y Pipan, 2009). Además, las cuevas presentan una diversidad geológica única (por ejemplo, estalactitas y estalagmitas), y los datos físicos extraídos nos permiten conocer la historia geológica de la Tierra. Muchas cuevas conservan registros de la presencia de asentamientos humanos en el pasado, lo que nos ayuda a conocer nuestra historia. Todo ello hace que la belleza y/o rareza de los paisajes subterráneos sea un atractivo no solo para los espeleólogos, sino también para los turistas y la población en general. Así, según la Asociación de Cuevas Turísticas de España, en la región Cantábrica existen unas 20 cuevas turísticas (Asociación de Cuevas Turísticas de España [ACTE], s.f.).

2.3. Una cueva es un ecomuseo

Desde el punto de vista educativo, un museo es fundamentalmente un espacio de enseñanza y aprendizaje (Falk y Dierking, 2013). Concretamente, según el Consejo Internacional de Museos (International Council of Museums [ICOM], 2017):

El museo es una institución sin fines lucrativos, permanente, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público, que adquiere, conserva, investiga, comunica y expone el patrimonio material e inmaterial de la humanidad y su medio ambiente con fines de educación, estudio y recreo. (p.3)

Los museos han evolucionado a lo largo del tiempo y, así, por ejemplo, en la actualidad el término “museo” se usa para un amplio rango de instituciones (algunas de ellas de reciente creación), incluyendo museos de arte y/o historia, museos de historia natural; zoos, arboretos, jardines botánicos, centros de ciencia, centros de interpretación, parques nacionales, centros de visitantes, archivos; y una variedad amplia de exhibiciones y colecciones.

Específicamente, según el ICOM, es un tipo nuevo de museo el denominado “ecomuseo”: aquellos lugares relacionados con la naturaleza, como espacios naturales salvajes, espacios naturales intervenidos por el ser humano, recorridos y estaciones para la observación del territorio y diferentes elementos arqueológicos o geológicos señalizados y explicados (Desvallées y Mairesse, 2010). De dicha definición se deriva que una cueva es un museo, y en particular, un ecomuseo.

2.4. Las cuevas como espacio de enseñanza y aprendizaje

En general, los niños y niñas perciben la naturaleza como “flores, árboles y animales”, consideran que es “limpia y tranquila” (Keliher, 1997; Bowker, 2007) y poseen una visión antropocéntrica (Sanz Ortega, 2015; Tao, 2016; Villarroel y Villanueva, 2017). Esta visión estereotípica puede no variar significativamente a lo largo de los años si no existen intervenciones (Anderson y Moss, 1993).

Concretamente, en lo que se refiere al medio subterráneo, a pesar de la abundancia de zonas kársticas y su rol en el suministro de agua dulce, se cree que existe una falta general de cultura científica sobre dicho medio en la sociedad (North, 2011). Sin embargo, las cuevas bien pueden constituir un recurso en la alfabetización científica (Portillo, Achurra y Díez, 2018). Sin embargo, su potencial, tanto en el ámbito de la educación formal como en el informal, se encuentra en estadios muy preliminares de investigación (North, 2011).

Por lo expuesto, se plantea una revisión de la literatura existente sobre las cuevas y sus elementos en relación a la alfabetización científica de la ciudadanía. En concreto, a partir de los datos que se obtengan en la revisión, se pretende responder a las siguientes preguntas: (i) ¿conocemos el modelo que posee la sociedad acerca de las cuevas?; (ii) ¿cómo percibe la sociedad el medio subterráneo?

3. Metodología

Se realizó una búsqueda bibliográfica de la literatura acerca de las cuevas, sus elementos biológicos y físicos y el medio subterráneo en las bases de datos ERIC (Education Resources Information Center; <https://eric.ed.gov/>), WOS (Web of Science; <https://www.fecyt.es/es/recurso/web-science>) y Google Scholar (<https://scholar.google.es/>) en las últimas dos décadas (1998-2018), usando las siguientes combinaciones de palabras clave y sus correspondientes en inglés: cueva o medio

subterráneo y educación, cueva o medio subterráneo e ideas previas o concepciones alternativas o errores conceptuales o modelo mental.

Entre los resultados obtenidos, se identificaron aquellos estudios que proporcionan datos sobre el modelo de la sociedad acerca de las cuevas, así como sobre los elementos de la cueva, concretamente sobre los elementos biológicos y físicos.

4. Resultados y discusión

4.1. Ausencia de estudios sobre el modelo de cueva como un todo

En primer lugar, cabe señalar que los resultados de la búsqueda bibliográfica evidencian la ausencia de estudios que analicen el modelo de la ciudadanía acerca de las cuevas, es decir, desconocemos qué entiende la sociedad por cueva. La excepción es un único trabajo, enmarcado en una salida de campo; Portillo y colaboradores (2018) investigan la evolución del modelo del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de un centro educativo vizcaíno acerca de las cuevas tras la visita a una de ellas. Sus resultados se basan en una muestra pequeña, por lo que difícilmente son extrapolables. Sin embargo, es interesante que el alumnado haya identificado un modelo de cueva simple, con escasez de elementos. Entre ellos, predominan los elementos geológicos (rocas, estalactitas y estalagmitas). Factores propios del medio subterráneo como la ausencia de luz son raramente expresados en el modelo. Los elementos biológicos son, en general, olvidados, siendo el más repetido el murciélago. Además, destaca un número de alumnas y alumnos cuyo modelo de cueva consiste en una cavidad a la que han añadido únicamente elementos antrópicos.

4.2. Estudios sobre elementos geológicos subterráneos

Si bien no existen estudios que analicen el modelo de cueva como un todo (a excepción de la referencia indicada), la búsqueda ha devuelto trabajos sobre elementos de cueva estudiados de manera individual; estos son elementos geológicos y biológicos, donde predominan los elementos hidrogeológicos y los quirópteros o murciélagos. A continuación, se detalla cada uno de ellos.

Los elementos geológicos e hidrogeológicos han sido analizados como parte de estudios más amplios entorno a la geología, donde el objetivo es descubrir las concepciones alternativas sobre un tema dado.

Así, respecto al karst en general, existe un único trabajo, elaborado por Kastning y Kastning (1999), que recopila las 10 concepciones alternativas más frecuentes respecto a dicho tema. No obstante, los autores omiten la metodología y fuentes utilizadas, por lo que es difícil determinar su validez. Entre las concepciones alternativas identificadas, solo tres de ellas se refieren a las cuevas: i) las cuevas se forman por erosión; ii) las cuevas son tan viejas como las rocas que hay en ellas; iii) el desconocimiento de cuevas en un área indica un karst no desarrollado. Como se puede observar, se trata únicamente de cuestiones geológicas. El resto de ideas alternativas se enmarcan en la hidrogeología (4 ideas), haciendo dos de ellas referencia a la contaminación; características de las rocas (1 idea); y formación y existencia de elementos del exokarst (2 ideas).

Cabe mencionar que no se han encontrado trabajos que investiguen el modelo de la ciudadanía sobre las estalactitas y estalagmitas, típicas formas del paisaje subterráneo en una cueva.

En cuanto a los conceptos hidrogeológicos, estos son los más estudiados en la literatura revisada junto con los quirópteros. Las concepciones alternativas más frecuentes consisten en considerar que el agua subterránea se encuentra exclusivamente almacenada en lagos subterráneos, solo fluye a través ríos subterráneos y se acumula en cuevas o cavidades en la tierra (Dickerson y Dawkins, 2004; Dickerson, Callahan, Sickle y Hay, 2005; Dickerson, Penick, Dawkins y Sickle 2007; Ben-zvi-Assarf y Orion, 2005; Reinfried, 2006; Schwartz, Thomas-Hilburn y Haverland, 2011). Además, se ha demostrado que el alumnado tiene problemas para la comprensión de la función del agua subterránea como parte del ciclo hidrológico (Márquez y Bach, 2007; Shepardson, Wee, Priddy, Schellenberger y Harbor, 2009). Y, en la sociedad, en general, se cree que el agua de los manantiales es siempre limpia, y por tanto se puede beber, lo cual lleva a pensar en una falta de conocimiento sobre los riesgos de contaminación en el medio subterráneo (Kastning y Kastning, 1999; Reinfried, Tempelmann y Aeschbacher, 2012; Unterbruner, Hilberg y Schiffel, 2016).

4.3. Estudios sobre elementos biológicos subterráneos

En lo que se refiere a los elementos biológicos, no existen estudios en la literatura revisada que analicen las percepciones de la sociedad sobre ellos, a excepción de los murciélagos (Boete y Morand, 2016; Cardak, 2009; Fagan, Willcox y Willcox, 2018; Hoffmaster,

Vonk y Mies, 2016; Kingstone et al., 2006; Knight, 2008; Prokop, Fancovicová y Kubiak, 2009; Tekkaya, 2002). Curiosamente, ninguno de estos trabajos menciona que existen murciélagos de cueva; tampoco indican que los murciélagos de cuevas no son animales troglobios (exclusivos del medio subterráneo), sino troglófilos, es decir, que realizan parte de su ciclo fuera del medio subterráneo (Culver y White, 2004). Esto podría ser debido a que se estudia el murciélago como elemento separado, y no como elemento biológico del medio subterráneo, lo cual resulta paradójico, ya que el animal elegido como bioindicador para la gestión y conservación del medio subterráneo es habitualmente el murciélago (Jones, Jacobs, Kunz, Willig y Racey, 2009). La mayoría de dichos estudios no mencionan las cuevas ni el medio subterráneo, obviando de este modo que algunas especies de quirópteros son un elemento biológico del medio subterráneo.

Las concepciones alternativas detectadas en referencia a dicho grupo faunístico son numerosas: la biodiversidad de murciélagos es baja (Kingstone et al., 2006); son aves (Cardak, 2009; Kingstone et al., 2006; Tekkaya, 2002), porque todo lo que vuela es un pájaro (Kattman, 2001); todos los murciélagos son insectívoros (Prokop et al., 2009); todos los murciélagos beben sangre y lo hacen en grandes cantidades (Hoffmaster et al., 2016; Kingstone et al., 2006; Prokop et al., 2009); la presa de un murciélago puede perder toda su sangre tras ser depredada (Prokop et al., 2009); incluso los murciélagos más pequeños pueden morder una mano (Prokop et al., 2009); pueden quedarse atrapados en el pelo (Kingstone et al., 2006; Prokop et al., 2009); y todos los murciélagos pueden transmitir enfermedades al ser humano fácilmente, entre ellas, la rabia (Hoffmaster et al., 2016). En cuanto al origen de dichas concepciones alternativas, cabe señalar el trabajo de Hoffmaster y colaboradores (2016), quienes exploran dos ideas: i) todos los murciélagos pueden transmitir enfermedades al ser humano fácilmente, entre ellas, la rabia; y ii) todos los murciélagos beben sangre. Los autores consideran que la primera concepción puede causar fobia a los murciélagos, la cual ya había sido detectada por varios autores (por ejemplo, Robins y Regier, 1991). También exponen que una generalización incorrecta podría estar propiciando dichas ideas alternativas, en el primer caso, generalizando que todas las especies de murciélagos son igual de peligrosas; y, en el segundo, obviando que solo unas pocas especies se alimentan de sangre, siempre de ganado de gran tamaño (nunca de ser humano o mascotas), y que, además, nunca son grandes cantidades de sangre.

Asimismo, el público en general tiene una percepción negativa hacia este grupo faunístico (Kingstone et al., 2006; Knight, 2008), aunque Boëte y Morand (2016) señalan que parte del público percibe los murciélagos de forma positiva porque los asocian al superhéroe Batman. No se menciona, sin embargo, la Bat-cueva. Curiosamente, Boëte y Morand (2016) analizan las percepciones de la comunidad científica que trabaja con murciélagos, concluyendo que no los perciben como peligrosos.

Además, la sociedad desconoce el rol de los murciélagos como polinizadores, dispersadores de semillas, agentes de control de plagas o productores de guano (Hoffmaster et al., 2016; Kingstone et al., 2006), así como las acciones del ser humano que amenazan (urbanización y turbinas de viento) o benefician (plantar determinadas especies de plantas en el jardín, colocar casas de murciélagos, educación, donaciones, etc.; Hoffmaster et al., 2016).

Respecto al resto de la fauna del medio subterráneo, la literatura revisada la obvia. Solo se ha encontrado un estudio que considera un animal troglobio, la araña de cueva Dolloff, la cual genera actitudes negativas en los escolares encuestados debido a su estética (Elliot et al., 2017; Knight, 2008). Existe una laguna, por tanto, en cuanto a la percepción de la sociedad hacia la fauna subterránea no quiróptera, la cual se compone principalmente de invertebrados terrestres y acuáticos, aunque existen en algunas regiones peces y salamandras estigobios. Asimismo, cabe señalar que solo un estudio ha explorado si la sociedad es consciente sobre la ausencia de plantas en el medio subterráneo (Portillo et al., 2018).

4.4. ¿Posible falta de alfabetización científica respecto al medio subterráneo?

En suma, la literatura revisada muestra que la investigación acerca del modelo del público en general sobre las cuevas se encuentra en estadios muy preliminares, cuestión también señalada por North (2011). Prácticamente, solo existen estudios (1998-2018) sobre concepciones alternativas de diversos elementos subterráneos, con predominio de elementos hidrogeológicos y quirópteros.

Dichos trabajos indican una posible falta de alfabetización científica en cuanto al medio subterráneo. Los factores que la producen son desconocidos. Posiblemente, aquellos factores relacionados con los elementos geológicos podrían ser similares a los considerados en el área de la geología en general, por ejemplo, el currículo (Pedrinaci

2012a; 2012b; Zamalloa, Maguregi, Fernández, Echevarría y Sanz, 2014). De hecho, si examinamos el currículo del País Vasco (Decreto 236/2015), encontramos que en la ESO se introducen los conceptos de modelado kárstico, aguas subterráneas y su explotación; pero no se cita la fauna subterránea y, por tanto, se omite el concepto de ecosistema subterráneo (ausencia de elementos bióticos). Por otro lado, sin embargo, la mayoría de espacios naturales protegidos que se proponen trabajar en el currículo, entre ellos, Urdaibai, Urkiola, Gorbeia, Aralar y Aiako Harria, son zonas kársticas, lo que hipotéticamente conduciría al profesorado a la enseñanza de cuestiones relativas al medio subterráneo.

5. Conclusión

La presente revisión, aún con algunos interrogantes, refleja una posible falta de alfabetización científica de la sociedad respecto al medio subterráneo y/o sus elementos, y sienta una base para futuras investigaciones. Si bien se ha constatado que durante las últimas dos décadas no se han realizado suficientes investigaciones en referencia al modelo mental de la población sobre las cuevas, entendiendo que éstas son la entrada del ser humano al medio subterráneo, principalmente se han encontrado estudios sobre elementos hidrogeológicos del medio subterráneo y sobre quirópteros. Dichos resultados impiden la realización de un análisis más profundo que lleve a la comprobación, no solo del nivel de los conocimientos del público en general sobre el medio subterráneo, sino de su alfabetización científica en dicha temática.

De cara a un futuro en el que el cambio climático tiene efectos negativos en los recursos de agua dulce subterráneos del planeta, son necesarias futuras investigaciones que nos conduzcan a descubrir qué modelo posee la sociedad respecto al medio subterráneo, porque la alfabetización científica en dicha temática implica que una persona sea capaz de realizar preguntas sobre el medio subterráneo y sus elementos y responderlas (por ejemplo, ¿de dónde viene el agua del grifo?; ¿existen animales acuáticos subterráneos?), que pueda describir, explicar y predecir los fenómenos que se dan en dicho medio (por ejemplo, el funcionamiento de un acuífero o un ecosistema subterráneo), que valore la información, los argumentos y llegue a conclusiones (por ejemplo, la sobreexplotación de un acuífero lleva a la desaparición de especies subterráneas y superficiales), que participe en debates sociales sobre dichas conclusiones, y que sea parte de la toma de decisiones (por ejemplo, sobre la explotación del acuífero de Doñana).

Por último, cabe mencionar que existen iniciativas interesantes que conjugan investigación y educación, como el caso de Malasia y los murciélagos (Kingston, 2010; Kingston et al., 2006; Kingston, Juliana, Nurul-Ain, Hashim y Zubaid, 2012), que bien podrían servir como base para el desarrollo futuro de una estrategia a nivel regional (por ejemplo, en el norte de la península ibérica) que busque la alfabetización científica del público en general en cuanto al medio subterráneo.

Agradecimientos

La autora agradece los comentarios y sugerencias de las o los revisores.

Bibliografía

- Achurra, A., Garin, M. y Díez, J. R. (2018). La Geología y los errores conceptuales en cuarto de la ESO: un estudio de tres centros escolares del noreste de Gipuzkoa. En J. Duque-Macías y A. P. Bernal (Eds.), *Libro de Actas del XX Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 33-44). Maó, España: Agència Menorca Reserva de Biosfera y Consell Insular de Menorca.
- Anderson, S., y Moss, B. (1993). How wetland habitats are perceived by children: consequences for children's education and wetland conservation. *International Journal of Science Education*, 15(5), 473-485.
- Asociación de Cuevas Turísticas de España. (sin fecha). Recuperado de <http://www.cuevasturisticas.es>
- Ben-zvi-Assarf, O., y Orion, N. (2005). A study of junior high students' perceptions of the water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 366–373.
- Boete, C., y Morand, S. (2016). Bats and academics: How do scientists perceive their object of study? *PLoS ONE*, 11(11), e0165969.
- Bowker, R. (2007). Children's perceptions and learning about tropical rainforests: an analysis of their drawings. *Environmental Education Research*, 13, 75-96.
- Cardak, O. (2009). Students' misconceptions about birds. *Scientific Research and Essay*, 4(12), 1518-1522.
- Culver, D. C., y White, W. B. (2004). *Encyclopedia of caves*. St. Louis, MO, Estados Unidos: Elsevier.

- Culver, D. C., y Pipan, T. (2009). *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press.
- Decreto 236/2015, de 22 de diciembre, por el que se establece el currículo de la Educación Básica y se implanta en la Comunidad Autónoma del País Vasco. BOPV 9, de 15 de enero de 2016.
- Desvallées, A., y Mairesse, F. (2010). *Conceptos claves de museología*. París, Francia: Armand Colin.
- Dickerson, D., y Dawkins, K. (2004). Eighth grade students' understanding of groundwater. *Journal of Geoscience Education*, 52(2), 178–181.
- Dickerson, D., Callahan, T. J., Sickle, M. V., y Hay, G. (2005). Students' conceptions of scale regarding groundwater. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 374–380.
- Dickerson, D. L., Penick, J. E., Dawkins, K. R., y Sickle, M. V. (2007). Groundwater in science education. *Journal of Science Teacher Education*, 18, 45–61.
- Elliott, W. R., Reddell, J. R., Rudolph, D. C., Graening, G. O., Briggs, T. S., Ubick, D.,...Taylor, S. J. (2017). The cave fauna of California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 64, 1-311.
- Fagan, K. E., Willcox, E. V., y Willcox, A. S. (2018). Public attitudes toward the presence and management of bats roosting in buildings in Great Smoky Mountains National Park, Southeastern United States. *Biological Conservation*, 220, 132-139.
- Falk, J. H., y Dierking, L. D. (2013). *The museum experience revisited*. London and New York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Ford, D., y Williams, P. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons.
- Fourez, G. (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires, Argentina: Colihue.
- Hoffmaster, E., Vonk, J., y Mies, R. (2016). Education to action: Improving public perception of bats. *Animals*, 6, 1-9.

- International Council of Museums. (2017). *Estatutos del ICOM modificados y adoptados por la asamblea general extraordinaria, el 9 de junio de 2017*. París, Francia: ICOM.
- Instituto Tecnológico Geominero de España. (1993). *Las aguas subterráneas en España. Estudio de síntesis*. Madrid, España: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Johnson-Laird, P. N. (2013). Mental models and cognitive change. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(2), 131-138.
- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R., y Racey, P. A. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8, 93-115.
- Kastning, E. H., y Kastning, K. M. (1999). Misconceptions about caves and karst: Common problems and educational solutions. En J. Hickman (Eds.), *Proceedings of the 14th National Cave and Karst Management Symposium* (pp. 99-107). Chattanooga, Tennessee, Estados Unidos: Southeastern Cave Conservancy.
- Kattman, U. (2001). Aquatics, flyers, creepers and terrestrials students' conceptions of animal classification. *Journal of Biological Education*, 35(3), 141-147.
- Keliher, V. (1997). Children's perceptions of nature. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 6(3), 240-243.
- Kingston, T., Juliana, S., Rakhmad, S.K., Fletcher, C.D., Benton-Browne, A., Struebig, M.,...Zubaid, A. (2006). The Malaysian bat conservation research unit: Research, capacity building and education in an old world hotspot. En S. Othman, S. H. Yatim, S. Elaguipillay, Shukor, Md. Nor, N. Ahmad, S. A. Mohd. Sah (Eds.), *Proceedings of the National Seminar On Protected Areas* (pp. 41-60). Malasya: Department of Wildlife and National Parks.
- Kingston, T. (2010). Research priorities for bat conservation in Southeast Asia: a consensus approach. *Biodiversity and Conservation*, 19, 471-484.
- Kingston, T., Juliana, S., Nurul-Ain, E., Hashim, R., y Zubaid, A. (2012). The Malaysian bat conservation research unit: From a national model to an international network. *Malaysian Applied Biology*, 41(2), 1-10.

- Knight, A. J. (2008). "Bats, snakes and spiders, oh my!" how aesthetic and negativistic attitudes, and other concepts predict support for species protection. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 94–103.
- Laugksch, R. C., y Spargo, P. E. (1996). Construction of a paper-and-pencil test of basic scientific literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5, 331–359.
- Marquez, C., y Bach, J. 2007. Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 280-286.
- Moreira, M. A., Greca, I. M., y Rodríguez, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3, 37-57.
- North, L. A. (2011). Informal karst education in the United States and internationally (Tesis doctoral). Recuperado de <https://scholarcommons.usf.edu/etd/3265>
- Pedrinaci, E. (2012a). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2), 133-140.
- Pedrinaci, E. (2012b). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique*, 71, 81-89.
- Pedrinaci, E., Alcalde, S., Alfaro, P., Almodóvar, G. R., Barrera, J. L., Belmonte, A.,...Roquero, E. (2013). Alfabetización en Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 117-129.
- Portillo, H., Achurra, A., y Díez, J. R. (2018). Enseñanza de la geología fuera del Aula: Salida al karst de Itxina. Resultados preliminares. En J. Duque-Macías y A. P. Bernal (Eds.), *Libro de Actas del XX Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 45-56). Maó, España: Agència Menorca Reserva de Biosfera y Consell Insular de Menorca.
- Prokop, P., Fancovicová, J., y Kubiátko, M. (2009). Vampires are still alive: Slovakian students' attitudes toward bats. *Anthrozoös*, 22, 19–30.
- Reinfried, S. (2006). Conceptual change in physical geography and environmental sciences through mental model building: The example of groundwater. *International Research Geographical Environment Education*, 15(1), 41–61.

- Reinfried, S., Tempelmann, S., y Aeschbacher, U. (2012). Addressing secondary school students' everyday ideas about freshwater springs in order to develop an instructional tool to promote conceptual reconstruction. *Hydrological Earth System Science*, 16, 1365–1377.
- Robins, L. N., y Regier, D. A. (1991). *Psychiatric disorders in America: The epidemiologic catchment area study*. New York, Estados Unidos: Free Press.
- Sanz Ortega, O. (2015). Acercamiento a la comprensión del concepto de ser vivo en educación infantil. *Ikastorratza, e-Revista De Didáctica*, (15), 99-118.
- Schwartz, K. L., Thomas-Hilburn, H., y Haverland, A. (2011). Grounding water: Building conceptual understanding through multimodal assessment. *Journal of Geoscience Education*, 59(3), 139–150.
- Shamos, M. H. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, Canada: Rutgers University Press.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M., Schellenberger, L., y Harbor, J. (2009). Water transformation and storage in the mountains and at the coast. Midwest students' disconnected conceptions of the hydrologic cycle. *International Journal of Science Education*, 31(11), 1447–1471.
- Tao, Y. (2016). Young chinese children's justifications of plants as living things. *Early Education and Development*, 27(8), 1159-1174.
- Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Hacettepe Universitesi Egitim Dergisi*, 23, 259-266.
- Unterbruner, U., Hilberg, S., y Schiffli, I. (2016). Understanding groundwater – student's pre-conceptions and conceptual change by means of a theory-guided multimedia learning program. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(6), 2251-2266.
- Villarroel, J. D., y Villanueva, X. (2017). A study regarding the representation of the sun in young children's spontaneous drawings. *Social Sciences*, 6(3), 95.
- Zamalloa, T., Maguregi, G., Fernández, M. D., Echevarría, I., y Sanz, J. (2014). Acercar la geodiversidad a través de las salidas de campo en la ESO. Una investigación con el profesorado de ciencias de Bizkaia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 443-467.