

Concepto de fósil en niños de primero a cuarto de Educación Primaria: ¿cómo lo adquieren?

The concept of fossil in children in their first to fourth years of Primary Education: how do they get it?

MARTA CEBALLOS, JOSÉ EDUARDO VÍLCHEZ Y MARTA REINA

Centro de Estudios Universitarios Cardenal Spínola CEU. Campus universitario de Bormujos, 41930- Bormujos (Sevilla). E-mails: mceballos@ceuandalucia.es, jvilchez@ceuandalucia.es, mreina@ceuandalucia.es

Resumen El concepto de fósil no aparece en el currículum de Educación Primaria español y sin embargo buena parte del alumnado de estas edades manifiesta gran interés por los seres del pasado, como está documentado en la bibliografía y observamos a través del contacto directo con estudiantes de esta etapa educativa, así como con sus maestros, monitores de museos y educadores en general. Presentamos aquí un estudio basado en un cuestionario pasado a una muestra de 1006 alumnos de los cursos primero a cuarto de Educación Primaria. Pretendemos con ello valorar su interés, identificar sus ideas previas sobre este concepto y sondear dónde las han adquirido, así como ver la influencia del nivel educativo y el sexo de los escolares en las variables objeto de estudio. Encontramos que muchos de ellos, a pesar de no haberlo estudiado en el colegio, e incluso sin haberlos visto al natural, saben lo que es un fósil y brindan descripciones que se ajustan a la realidad. Sin embargo, son descripciones sesgadas en ciertos aspectos; por ejemplo, la mayoría considera que los fósiles son restos de animales y son muy pocos los que mencionan plantas o huellas y ninguno parece conocer otros tipos de evidencia de actividad orgánica en el pasado. En cuanto a si han visto fósiles, un gran porcentaje de ellos afirma haberlo hecho alguna vez y la mayoría de éstos recuerda que fue en un museo, lo que nos hace reflexionar sobre la importancia de la educación no formal en la construcción del conocimiento.

Palabras clave: Educación no formal, Educación Primaria, enseñanza de la Geología, fósil, museo.

Abstract *The concept of fossil does not appear on the Spanish National Primary Curriculum. However, a good deal of children these ages are attracted to beings from the past, which is well documented in bibliography and we have observed through direct contact with Primary students, teachers, museum facilitators and educators in general. The objective of the study we present here was to survey children's interest and previous knowledge of the topic and where they acquired that knowledge, as well as the influence of students' sex and education level on the variables under study. To do this we conducted a survey of 1006 children in their first to fourth year of Primary Education. We found that most of them know what a fossil is, even if they have not studied it at school nor seen any real specimens. They even provide descriptions which are coherent with reality, although not always accurate. For instance, the majority of them associate fossils with animal remains, very few consider plants or prints and none seem to have knowledge of other types of evidence of organic activity in the past. A high percentage of them say they have some time seen a fossil and most of these state that they did so in a museum. This makes us reflect on the importance of non-formal education in the construction of knowledge.*

Keywords: *Fossil, geology teaching, museum, non-formal education, Primary Education.*

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Cuando se pregunta a los niños qué les gusta o cuáles son sus temas favoritos, no siempre responden con nombres de asignaturas del colegio. Una pregunta tan simple, tan frecuente en el ámbito ex-

traacadémico y sin embargo a menudo tan superficial y de respuesta fácilmente olvidada, nos permite adentrarnos en sus intereses y puede servirnos de punto de partida para abordar contenidos curriculares muchas veces complejos desde una perspectiva diferente y motivadora para ellos, diseñando

actividades y unidades didácticas que conduzcan a un aprendizaje significativo. Uno de los temas que despiertan su curiosidad y disparan su imaginación es el de los seres del pasado (Calonge, Bercial, García y López, 2003; Fragouli, Rokka y Galani, 2017), que a pesar de ello no aparece entre los contenidos curriculares de la Educación Primaria española (R.D. 126/2014) ni en los planes de estudios de otros países (Fragouli *et al.*, 2017; Libarkin, 2006; Cheeck, 2010; Lewis y Baker, 2010), o lo hace deficientemente (Gonçalves, Arai, Gomes y Wanderley, 2016), y apenas está presente en nuestros planes de Secundaria (Calonge, 2010; R.D. 1105/2014). Sin embargo, sería especialmente interesante contemplarlo, ya que tiene un marcado carácter integrador al permitir abordar contenidos de distintas disciplinas partiendo de ese centro de interés.

Comenta Rodrigo (2019) cómo en los talleres didácticos que imparten desde hace años en el Museo Geominero en Madrid encuentran con frecuencia adultos ajenos por completo al concepto de fósil, que tanto interés despierta entre sus hijos más pequeños. Y es que, al estar ausente de los planes de estudio generales a pesar de su interés, únicamente aquellos estudiantes que continúen su formación académica hasta niveles universitarios, y esto en disciplinas científicas muy concretas, llegarán a familiarizarse con dicho concepto.

Por otro lado, tanto en España como en países de nuestro entorno está cambiando significativamente en las últimas décadas la forma de abordar la ciencia escolar. Cada vez se valoran más el trabajo por proyectos y las estrategias de indagación, así como la incorporación a la educación formal de recursos procedentes de la no formal o de la informal (“in-school” versus “out-of-school”, Eshach, 2007). Todo esto está permitiendo salvar en parte la brecha que existe entre lo que se dicta que debe ser aprendido en el contexto escolar y los intereses reales del alumnado. Precisamente en el caso de los fósiles parte del interés de los escolares viene del cine y los medios de comunicación (Calonge *et al.*, 2003), y se centra especialmente en aquellos seres del pasado que resultan más espectaculares por su tamaño, su aspecto monstruoso o su supuesta peligrosidad, independientemente de que sean o no los más abundantes en el área geográfica donde ellos residen (Fragouli *et al.*, 2017). Esta curiosidad es satisfactoria en buena medida en visitas a museos y actividades didácticas realizadas en los mismos (Ceballos y Vílchez, 2017). Pero también lo es a través de películas y recursos comerciales que no siempre son rigurosos e inducen el asentamiento de conceptos erróneos o distorsionados sobre dinosaurios (Padian, 2000) o sobre paleontología en general (Gonçalves *et al.*, 2016), lo que refuerza la idea de que dichos contenidos deberían ser tratados también en la escuela. De no cambiar esta situación y permanecer los conceptos de paleontología ausentes de los currículos escolares, existe el riesgo de que queden restringidos al ámbito académico universitario y los centros de investigación (Neves, Campos y Simões, 2008) y queden fijados conceptos erróneos en la mayor parte de la población, no especialista en estos temas. Se perdería así la visión integradora de la vida evolucionando e interaccionando con la Tierra

y modificándose mutuamente y la concepción del fósil como herramienta básica para el conocimiento del pasado de nuestro planeta y de nuestra propia historia evolutiva (Pedrinaci, 2013).

Habitualmente, la primera reacción de los escolares al mostrárseles ejemplares de fósiles es de sorpresa y atracción por ellos (Calonge *et al.*, 2003). Existen algunas experiencias en la literatura que intentan mediante actividades sencillas aclarar las ideas preconcebidas sobre fósiles, además de adquirir nuevos conceptos de paleontología (Calonge y López, 2005) e incluso integrar otras áreas del conocimiento como la Geología y la Biología mediante la realización de talleres didácticos que pueden llevarse a cabo tanto en clases de Primaria y Secundaria (Alcalá, González y Luque, 2010) como en museos (López y Ramírez, 2001; Yoshida *et al.*, 2015). Por otra parte, las secuencias didácticas que utilizan la indagación como escalón inicial en el desarrollo de la inteligencia investigativa (Sequeiros, 2010) pueden complementarse con salidas al campo (Pérez y Caballer, 2005) y rutas urbanas (Colomer, Durán y Puigcerver, 2016).

Sin embargo, no se trata sólo de apreciar la rareza o la espectacularidad de las piezas, sino de salir al paso de los errores que con frecuencia muestran los estudiantes de distintas etapas educativas (Dove, 1998; Francek, 2013) y de Primaria en particular (Kim y Hong, 2013) y de aprovechar además su potencial didáctico al permitirnos relacionar conceptos que habitualmente plantean dificultad por su grado de abstracción, como son los de evolución (Ceballos, Vílchez y Escobar, 2017; Burr, Chiment, Allmon y Rigby, 2003), tiempo geológico o procesos terrestres (Burr *et al.*, 2003.; Dodick y Orion, 2003). Son, por otra parte, cuestiones que no pueden estudiarse aisladamente. Los conceptos de fósil y fosilización son más complejos de lo que en un principio puede parecer al profano y así se encuentra dificultad incluso en alumnos de cuarto (4^º) de Educación Secundaria para comprender el proceso de mineralización de la materia orgánica o la sincronía entre la génesis de las rocas y la de los fósiles en ellas contenidos (Loarces, Ferrer y García, 2019). Necesitan por tanto ser entendidos en contexto, tanto histórico (Lillo, 1995) como geológico y cronológico, haciendo referencia a cuestiones como la formación de estratos y tipos de rocas entre otras y entendiéndolos como una herramienta que nos permite descifrar información del pasado contenida en los mismos (Lillo, 1995; Gonçalves *et al.*, 2016). Por otra parte, el interés por estudiar el concepto de fósil en los estudiantes se está extendiendo recientemente hacia edades cada vez más tempranas, como muestran estudios que se centran incluso en la etapa de Educación Infantil (Borgerding y Raven, 2018).

En nuestro grupo de investigación también hemos detectado la importancia de la educación no formal en la etapa de Educación Primaria según la percepción de los maestros (Vílchez, Ceballos, de las Heras y Arsuaga, 2016) y de los propios estudiantes (Ceballos y Vílchez, 2017) al visitar museos de ciencia. En un trabajo anterior (Ceballos, Vílchez y Escobar, 2017) exploramos parcialmente la importancia del concepto de fósil al estudiar la percepción de la evolución por parte de niños de Primaria. En-

contrábamos entonces que, dentro del cuestionario elaborado a tal efecto, el ítem referente a la naturaleza de los fósiles era de los que menos errores registraban. Posteriormente en un estudio piloto (Ceballos, Vílchez y Reina, 2018) analizamos el concepto de fósil centrándonos en los alumnos más pequeños de Primaria, por ser los que menos probabilidad tenían de haber visto algo sobre este tema en clase y por tanto aquellos cuyas ideas previas sobre el mismo previsiblemente procederían con mayor probabilidad de contextos no formales. Ampliamos aquí el estudio a los alumnos de hasta cuarto curso de Educación Primaria con el objetivo de ver cómo va variando a lo largo de su historia escolar su grado de interés y de familiarización con el concepto de fósil, analizar si hay diferencias en cuanto a la edad y el sexo de los estudiantes en la manifestación de su interés, valorar dónde acuden para saciar esa curiosidad que la escuela normalmente no les satisface y explorar cómo perciben y describen ese mundo para ellos fascinante que es el de los seres vivos extinguidos antes del final del último intervalo glacial, con frecuencia incluso hace muchos millones de años.

METODOLOGÍA

La investigación se ha desarrollado en centros escolares de Sevilla y su provincia y ha involucrado a 114 unidades-clase y a un total de 1006 estudiantes de los cuatro primeros cursos de Educación Primaria. El muestreo se realizó seleccionando de forma aleatoria un máximo de diez estudiantes por aula tras descartar cuestionarios con errores de cumplimentación o respuestas incompletas. De esta forma se completó una muestra de 487 estudiantes de primero y segundo (1º y 2º en adelante) cursos de Educación Primaria (51,1% niños y 48,9% niñas) y 519 de tercero y cuarto (3º y 4º en adelante; 48,8% niños y 51,2% niñas), con edades de 6 (14,4%), 7 (22,8%), 8 (24,9%), 9 (25,6%) y 10 años (8,6%).

Como instrumento se ha empleado un cuestionario de elaboración propia con 5 ítems (ver Anexo) en los que se pregunta a los niños sobre si conocen lo que es un fósil, si han visto alguno y en qué lugar, así como una descripción mediante adjetivos o palabras-clave (ítems 1 a 4). Además, se ha incluido un ítem 0, a cumplimentar por el maestro o maestra,

en el que se le interroga sobre si se han trabajado contenidos de geología (0a) y en concreto el concepto de fósil (0b) en clase.

La toma de datos se realizó durante el contacto con los colegios en las prácticas docentes o semanas de observación que estudiantes del Grado de Educación Primaria del Centro Cardenal Spínola CEU (adscrito a la Universidad de Sevilla), al que pertenecen los investigadores, realizaron en distintos momentos durante el periodo 2017-2019. Se han obtenido frecuencias y porcentajes para las distintas opciones de cada ítem. En el caso de la descripción de los fósiles (ítem 4) se ha elaborado un listado de las palabras-clave más usadas (al menos por un 1,5% de los estudiantes en alguna de las muestras) y se han agrupado en una serie de categorías, elaborando una tabla de porcentajes.

Se ha explorado la posible relación entre algunas variables del estudio como el sexo, el nivel educativo y alguno de los ítems del cuestionario. Para ello se ha recurrido a pruebas no paramétricas como la chi-cuadrado (χ^2), al tratarse de variables nominales y se ha tenido en cuenta un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

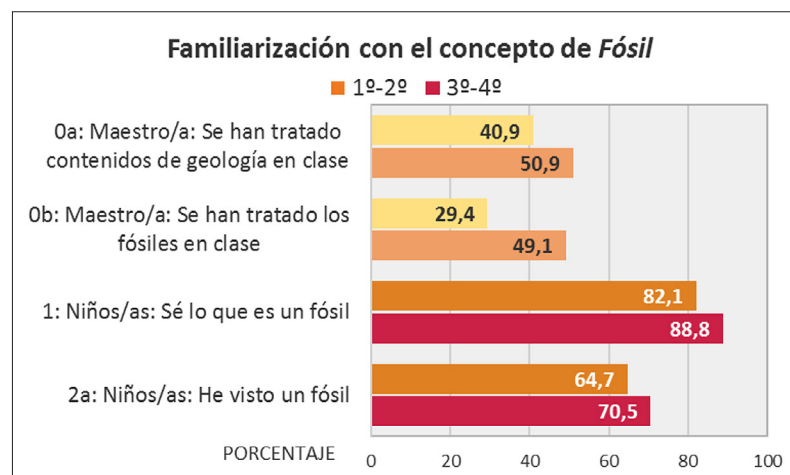
Descripción de resultados

En la figura 1 se presentan, de forma comparativa, resultados sobre la familiarización del alumnado de 1º-2º y 3º-4º con el concepto de fósil (ítems 1 y 2a). También se incorporan los datos sobre las respuestas de los maestros (ítem 0).

Como puede observarse, más de un 80% de los estudiantes afirma saber qué es un fósil (casi un 90% en el caso de los de 3º y 4º de Primaria) y más del 60% dice haber visto uno (70,5% en 3º y 4º). En cambio, sólo en torno a la mitad de los maestros y maestras de 3º y 4º, y entre el 30-40% de los de 1º y 2º reconoce haber trabajado contenidos de geología o fósiles en clase. Hay que recordar que este concepto no aparece en el currículo oficial de Educación Primaria. Es decir, existe una clara discrepancia entre lo que se trabaja en las aulas de 1º a 4º de Primaria y la familiarización que los niños y niñas de estas edades afirman tener sobre el concepto de fósil.

El ítem 2b interroga sobre de qué era el fósil a aquellos que dicen haber visto alguno. Las respuestas predominantes, como era de esperar, hacen referencia a dinosaurios, bien con el término general o bien con alguna especie concreta como tiranosaurio, velociraptor o triceratops (33,2% en 1º-2º y 28,0% en 3º-4º). Otro bloque de respuestas a destacar es el relacionado con conchas o caracoles (11,8% en 1º-2º y 29,6% en 3º-4º), que llega a ser mayoritario en la muestra de niños mayores, en la que aparecen incluso respuestas que hacen mención a ammonites y trilobites. Otros invertebrados como moluscos, gusanos o insectos reciben menor consideración (4,8% en 1º-2º; 5,0 en 3º-4º). Otras respuestas que mencionan animales (17,3% en 1º-2º; 17,8% en 3º-4º) indican en su mayoría el término general (animal), y en menor medida, ballenas, peces, felinos, toros, perros o pájaros; sólo en algún caso se menciona otro animal prehistórico (mamut). Hay que destacar

Fig. 1. Familiarización con el concepto de fósil según maestros y estudiantes (ítems 0, 1 y 2a).



que apenas hay respuestas que mencionen fósiles de plantas (1,8-1,6%) huellas o impresiones (0% en 1º-2º y 0,3% en 3º-4º) ni mención a coprolitos o gastrolitos. El resto de las respuestas se refiere al material (piedra, hueso), partes del cuerpo (cabeza, esqueleto, garras...), origen o hábitat (marino), así como otro variado tipo de adjetivos o comentarios.

En cuanto al lugar donde han visto los fósiles (ítem 3), los resultados se muestran en la figura 2.

Existe un predominio destacado de los museos (30-37%) sobre el campo (16-20%), TV/cine (11-16%) y en menor medida otras posibilidades como el colegio o alguna casa. Este resultado es coherente con lo encontrado en investigaciones precedentes sobre el uso relativamente frecuente de las visitas a museos de ciencia como recurso en Educación Primaria (Ceballos y Vílchez, 2017; Vílchez, *et al.*, 2016). En general, en la muestra de 3º-4º se alcanzan resultados superiores excepto en el caso de las opciones “casa” y “campo”, más indicadas por el alumnado de 1º y 2º. Esto puede ser indicio, como veremos más adelante, de un componente erróneo en la comprensión del concepto de fósil asociado a elementos cotidianos que pueden observarse en el entorno más cercano (minerales, huesos, esqueletos).

El ítem 4 pide a los estudiantes que describan los fósiles mediante palabras-clave (hasta 6). En la tabla I se resumen las principales categorías encontradas y los porcentajes de las palabras más frecuentes (al menos un 1,5% en alguna de las muestras).

Como puede observarse, la principal categoría en cuanto a número de citas es la que hace referencia a la consistencia de los fósiles. En concreto los adjetivos *duro* y *piedra* son mencionados en un 27,2-27,4% de los casos en la muestra de 3º-4º y un 24-19,5% en la de 1º-2º (en la que la palabra *duro* es la que alcanza el porcentaje más alto en total). En esta categoría llama la atención cómo los estudiantes de 3º-4º comienzan a considerar a los fósiles con el calificativo *frágil*. En la categoría que hemos denominado cronología destaca el término *antiguo*, con el porcentaje más amplio de todas las descripciones (35,8%) para los estudiantes de 3º-4º, casi el doble respecto a los de 1º-2º (18,1%). El siguiente grupo de palabras hace referencia al tamaño, destacando sobre todo la consideración de *grande*, *grueso* o *gordo* (19,1-16,8%) frente a *pequeño/chico* y *mediano*. Este sesgo hacia la consideración de objetos grandes es sorprendente y puede tener que ver con la identificación de los fósiles con representaciones o montajes de grandes esqueletos de animales (dinosaurios, ballenas) que los estudiantes pueden haber reconocido en sus visitas a museos de ciencia.

Aunque el contenido de los fósiles formaba parte de la pregunta 2b (¿de qué eran?), también en este ítem 4 los estudiantes han respondido haciendo referencias a eso. Estas palabras se han agrupado en la categoría origen/procedencia, siendo *hueso* y *dinosaurio* las más frecuentes, si bien con un comportamiento diferente en ambas muestras. Es interesante comprobar que la primera de ellas (*hueso*) resulta mayoritaria en la muestra de 3º y 4º, mientras los alumnos de 1º y 2º son los que más se inclinan por relacionar los fósiles con los *dinosaurios*. También aparecen referencias a *rocas*,

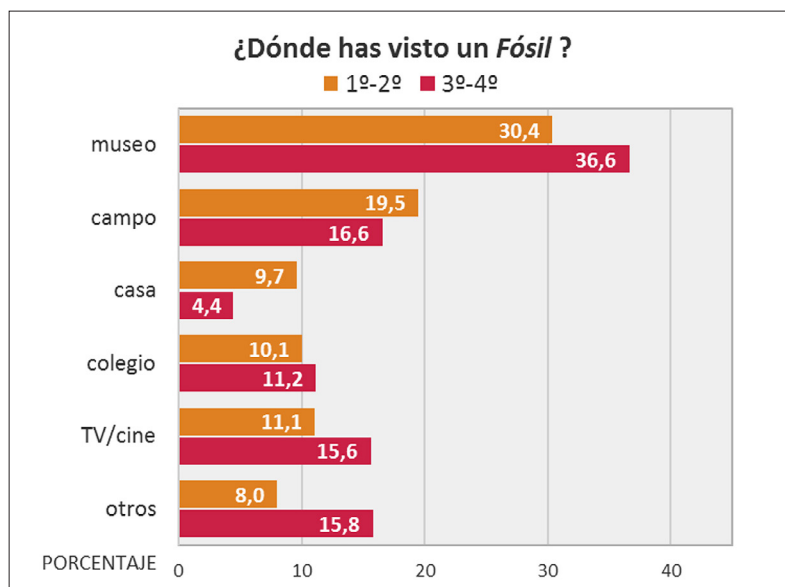


Fig. 2. Lugar donde los niños/as afirman haber visto un fósil (ítem 3).

conchas, *restos* o *esqueletos*. Aunque las referencias a *huellas/marcas* son escasas, destaca que su número aumenta considerablemente en la muestra 3º-4º (5,4% frente a 2,9%). La mención de *plantas* o *vegetales* no alcanza el mínimo del 1,5%.

En cuanto a la descripción del color, la mayoría de las menciones son al *blanco* (7,4-6,4%), seguida de *marrón* y *gris*, con menciones también al *brillo*. Otras categorías identificadas minoritariamente hacen referencia también a la forma (adjetivos *alargado*, *puntiagudo*, etc.), aprecio (*bonito*, *valioso*), aspecto/tacto (*sucio*, *suave*, *rugoso*). Finalmente se han agrupado el resto de los términos que han superado un 1,5% en el apartado otros. Destacan las palabras referentes a *excavación* o *bajo tierra* (5,5-5,8%) y cómo en la muestra de 3º-4º aumentan ligeramente las referencias a relacionar los fósiles con *seres vivos*, *extinguidos/muertos*.

Relación entre variables

En primer lugar, se ha explorado la influencia del nivel educativo en la respuesta a los ítems 1, 2a y 3. Para ello se ha realizado la prueba chi-cuadrado (χ^2) al tratarse, en todos los casos, de variables nominales dicotómicas. Los resultados se resumen en la tabla II. Aquellos que responden a relaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) se presentan destacados sobre los que no lo son (cifras en tono más atenuado). Se incluyen, además, los residuales estandarizados corregidos para informar sobre la tendencia de la relación entre variables.

Como puede observarse, el nivel educativo influye claramente en el ítem 1. Los estudiantes de nivel superior (3º-4º) tienen más tendencia a responder que sí saben lo que son los fósiles (ver residuales corregidos). Aunque como vimos en el apartado anterior, en ambas muestras los resultados de este ítem superan el 80%. En cambio, en el caso del ítem 2a que interroga sobre si han visto un fósil, aunque también existen diferencias favorables a la muestra de 3º-4º, en este caso no son significativas. En relación al ítem 3 sobre dónde han visto fósiles, los niños de 3º y 4º manifiestan en mayor proporción que los de 1º y 2º haberlo hecho en museos y en

Tabla I. Frecuencia de las palabras-clave relacionadas con la descripción de un fósil (ítem 4).

PALABRAS-CLAVE	PORCENTAJE		PALABRAS-CLAVE	PORCENTAJE	
	1º-2º	3º-4º		1º-2º	3º-4º
CONSISTENCIA			COLOR		
Duro	24,0	27,2	Blanco	7,4	6,4
Piedra	19,5	27,4	Marrón	4,3	2,3
Fuerte/Resistente	1,4	1,7	Gris	2,7	4,1
Frágil/Delicado	0,6	3,7	Brillo/Brillante	1,5	2,1
CRONOLOGÍA			FORMA		
Antiguo/Viejo	18,1	35,8	Alargado/Afilado/ Puntigudo/Triangular	2,0	1,8
Tiempo	0,8	1,5	Circular/Esfera	1,8	0,6
Prehistórico	0	1,9			
TAMAÑO			APRECIO		
Grande/Grueso/Gordo	16,8	19,1	Bonito/Chulo	2,1	3,7
Pequeño/Chico	7,8	9,4	Raro/Valioso/Interesante	0,6	7,7
Mediano	2,5	1,0			
ORIGEN/PROCEDENCIA			ASPECTO/TACTO		
Hueso	16,8	21,8	Sucio	1,0	4,8
Dinosaurio	10,5	4,8	Rugoso/Áspero/Rasposo	1,0	2,7
Animal	7,6	4,8			
Roca	6,2	6,0			
Concha/Caracol	4,9	3,5	OTROS		
Resto	4,5	3,1	Enterrado /Bajo tierra/Excavación	5,5	5,8
Huella/Marca	2,9	5,4	Vivo/Ser vivo	0,4	3,7
Esqueleto	1,4	1,7	Muerto/Extinto	1,0	2,5
Diente	1,2	1,7			
Arena	0,8	1,5			

Tabla II. Resultados de la prueba chi-cuadrado para analizar la influencia del nivel educativo.

	ÍTEM 1	ÍTEM 2A	ÍTEM-3A (MUSEO)	ÍTEM-3B (CAMPO)	ÍTEM-3C (CASA)	ÍTEM-3D (COLEGIO)	ÍTEM-3E (TV/CINE)
χ^2	8,278	3,231	4,947	1,469	10,572	0,328	4,415
gl	1	1	1	1	1	1	1
p	0,004	0,072	0,026	0,226	0,001	0,567	0,036
Residuales estandarizados corregidos							
Nivel 1º-2º	-2,9		-2,2		+3,3		-2,1
Nivel 3º-4º	+2,9		+2,2		-3,3		+2,1
χ^2 : Chi-cuadrado / gl: grados de libertad / p: significación (p-valor)							

Tabla III. Resultados de la prueba chi-cuadrado para analizar la influencia del sexo.

	ÍTEM 1	ÍTEM 2A	ÍTEM-3A (MUSEO)	ÍTEM-3B (CAMPO)	ÍTEM-3C (CASA)	ÍTEM-3D (COLEGIO)	ÍTEM-3E (TV/CINE)
χ^2	10,469	10,587	4,586	11,391	7,962	0,114	13,426
gl	1	1	1	1	1	1	1
p	0,001	0,001	0,032	0,001	0,005	0,736	0,000
Residuales estandarizados corregidos							
Niños	+3,2	+3,3	+2,1	+3,4	+2,8		+3,7
Niñas	-3,2	-3,3	-2,1	-3,4	-2,8		-3,7
χ^2 : Chi-cuadrado / gl: grados de libertad / p: significación (p-valor)							

TV/cine. Resulta curioso que, en cambio, los niños más pequeños son los que con mayor tendencia dicen haber visto fósiles en alguna casa. Esto quizás pueda deberse a una mayor confusión con objetos de índole cotidiana como huesos, esqueletos o minerales, presentes en su entorno familiar. No se han encontrado diferencias significativas respecto a las opciones campo y colegio entre ambos niveles.

En el caso de las diferencias debidas al sexo de los estudiantes, los resultados encontrados se resumen en la tabla III. Es obvio que los datos indican una clara diferencia entre niños y niñas. Los primeros afirman en mayor medida conocer lo que son los fósiles y haberlos visto (en museos, campo, casa y TV/cine). El único ámbito donde las niñas alcanzan a los niños (no hay diferencias signifi-

	ÍTEM 1	ÍTEM 2A	ÍTEM-3A (MUSEO)	ÍTEM-3B (CAMPO)	ÍTEM-3C (CASA)	ÍTEM-3D (COLEGIO)	ÍTEM-3E (TV/CINE)
χ^2	14,884	20,659	16,457	0,980	0,053	12,478	1,232
gl	1	1	1	1	1	1	1
p	0,000	0,001	0,000	0,322	0,819	0,000	0,267
Residuales estandarizados corregidos							
Sí	+3,9	+4,5	+4,1			+3,5	
No	-3,9	-4,5	-4,1			-3,5	
χ^2 : Chi-cuadrado / gl: grados de libertad / p: significación (p-valor)							

Tabla IV. Resultados de la prueba chi-cuadrado para analizar la influencia de trabajar contenidos de fósiles en la escuela (ítem ob).

tivas) es en la afirmación de haber visto fósiles en el colegio. Es decir, los niños manifiestan un mayor conocimiento e inclinación hacia el tema.

Nos ha interesado saber si estas diferencias entre niños y niñas se mantienen constantes o se ven modificadas por el nivel educativo. Para explorar esto hemos analizado la influencia del sexo de forma segregada en la muestra de 1º-2º y en la de 3º-4º. Los resultados muestran una interesante diferencia. En el caso del conocimiento de los fósiles (ítem 1) mientras en la muestra de 1º-2º existe una superioridad significativa a favor de los niños ($\chi^2=9,557$; gl=1; p=0,002), en la de 3º-4º no hay diferencias significativas entre niños y niñas ($\chi^2=2,201$; gl=1; p=0,138). Respecto a la afirmación de ver fósiles (ítem 2a) los niños y niñas de 1º y 2º están igualados ($\chi^2=1,480$; gl=1; p=0,224) pero en 3º y 4º aparece una diferencia significativa a favor de los niños ($\chi^2=11,838$; gl=1; p=0,01), que se extiende también al hecho de decir verlos en ciertos lugares como museos ($\chi^2=8,461$; gl=1; p=0,004), campo ($\chi^2=7,596$; gl=1; p=0,006) o TV/cine ($\chi^2=12,285$; gl=1; p=0,000). Es decir, en edades tempranas los niños ya dicen conocer qué son los fósiles de forma predominante respecto a las niñas. Al llegar a 3º-4º las niñas parecen igualar este conocimiento, pero los niños a esta edad elevan su interés al reconocerlos o verlos directamente en entornos no curriculares.

Finalmente se ha analizado si el hecho de haber tenido contacto con algún contenido relacionado con los fósiles en la escuela (según afirmación del maestro o maestra, ítem 0b) influye en las respuestas de los alumnos. Como se ve en la tabla IV y era esperable, el haber recibido alguna formación sobre fósiles se relaciona con que esos estudiantes muestren una mayor tendencia a contestar que conocen lo que son y haberlos visto. En cuanto al lugar, los estudiantes que han recibido formación indican en mayor proporción que los que no las opciones museos y colegio. Esto puede ser un indicio de la influencia directa del profesor por presentar ejemplos de fósiles en el contexto escolar o realizar visitas organizadas a los museos. No existen diferencias significativas con los otros alumnos en el resto de los lugares como casa, campo o TV/cine.

Otros resultados: comentarios y dibujos aportados por los niños y niñas

Aunque el cuestionario utilizado no lo exige, en muchas respuestas los estudiantes han aportado espontáneamente comentarios o matizaciones, así

como dibujos aclaratorios. Son aportaciones difíciles de cuantificar o de analizar estadísticamente y que sin embargo nos dan información relevante sobre las ideas previas o los conocimientos extra-curriculares de los alumnos. Por ejemplo, aunque algunos los representan aislados, también es frecuente que dibujen el fósil más o menos en contexto, representándolo en una piedra (ver anexo). Es el caso (Fig. 3) de un niño de 8 años que dibuja el esqueleto (la raspa) de un pez incrustado en una roca, el de otro niño de 9 años (Fig. 4) que lo que representa en la piedra es un hueso, o el de la niña, también de 9 años, que dibuja una piedra con un ammonoideo (Fig. 5). Todos ellos son coherentes con descripciones como la que da una niña de 1º de Primaria, que dice que “es un resto de un animal que se ha quedado atrapado en una roca”, la de otra de 2º, que dice que el fósil que vio “era una piedra con una concha”, la de otra niña, esta de 3º, que lo describe diciendo que “era como una piedra que tenía una espiral en relieve”, o la de un niño de 4º que los describe como “restos de huesos que se pegan en una piedra”.

Otros alumnos condensan aún más información en un único dibujo y así encontramos un estudiante de 1º que representa en el mismo espacio fósiles de huesos y los animales a los que pertenecieron, junto con otros de huellas y de insectos en ámbar (Fig. 6), el de otro caso, también de 1º, que dibuja un ammonoideo junto con dinosaurios y reptiles voladores (Fig. 7) o el de un tercero de la misma edad que representa ammonoideos y huellas de dinosaurio (Fig. 8). En todos los casos de dibujos mencionados, el maestro o la maestra del grupo dicen explícitamente no haber tratado en clase el tema de los fósiles.

Por otra parte, debemos destacar que hay niños que recuerdan haber visto fósiles en paredes de su ciudad, y así hablan del portal de su casa, de la iglesia, de unas columnas o de la Giralda. Teniendo en cuenta que buena parte del material de construcción de Sevilla, especialmente en el casco antiguo, procede de rocas sedimentarias, son respuestas que nos hacen pensar que, efectivamente, han visto esos fósiles y no las están inventando. En el caso de las menciones a la Giralda, proceden de varios alumnos de la misma clase de 4º de Primaria, uno de los cuales menciona una excursión con el colegio por esa parte de la ciudad, lo que parece indicar que en la misma trataron este tema o al menos les hicieron fijarse en ello y parte de los estudiantes lo integraron y lo recuerdan.

CONCLUSIONES Y EXPECTATIVAS

En este estudio se ha investigado la familiarización y el interés que los niños y niñas de 1º a 4º de Primaria tienen en relación al concepto de fósil. En líneas generales se ha comprobado el interés que el alumnado de estas edades tiene por lo relacionado con los fósiles y con los seres del pasado en general. Llama la atención el alto porcentaje de ellos que dicen saber lo que es un fósil, sobre todo si tenemos en cuenta que no es un concepto que aparezca en su currículum escolar, y que afirman haber visto alguna vez uno. Es por otra parte un resultado coherente con lo encontrado por Gonçalves *et al.* (2016) en una muestra de estudiantes brasileños, lo que constituye una prueba más del importante efecto de los elementos no formales en la construcción del conocimiento. Entre los contextos donde recuerdan haber visto fósiles, el que con más frecuencia aparece en nuestra muestra es el de los museos, lo que puede incluir tanto visitas a exposiciones como realización de talleres en los mismos. Este interés y conocimiento aumenta en los estudiantes de mayor edad dentro de la muestra, que manifiestan una mayor familiarización, sobre todo en contextos no formales como museos o cine y televisión.

Si atendemos a las palabras descriptoras más frecuentes, podemos concluir que el constructo mental combinado de fósil para los niños de 1º a 4º de Primaria tiene que ver con un objeto duro, de gran tamaño, antiguo, constituido de piedra, que normalmente procede de huesos, de dinosaurios o animales en general, de colores blanco, marrón o gris y forma alargada o puntiaguda. En las edades más tempranas (1º y 2º) se enfatiza más en la dureza, en la relación con los dinosaurios o animales. En cambio, los alumnos de 3º y 4º inciden más en la componente de antigüedad de los fósiles, siendo el rasgo descriptor principal que reconocen. De acuerdo con Lillo (1995) este es uno de los aspectos esenciales para comprender el proceso de fosilización. Además, los alumnos de mayor edad consideran en menor medida la vinculación con los dinosaurios y más con huesos. También comienzan a caracterizar a los fósiles como algo frágil, valioso o interesante, relacionado con huellas o marcas y vinculado a seres vivos.

Otro aspecto importante es la consideración diferencial hacia los fósiles que se ha encontrado entre niños y niñas. Los primeros muestran una mayor inclinación desde edades más tempranas y una mayor familiarización posterior. En cualquier caso, esta constatación del interés extracurricular de los estudiantes de estas edades, así como de sus conocimientos sobre el tema, nos hace reflexionar sobre la importancia de la educación no formal en la construcción del conocimiento, así como sobre la conveniencia de tenerlo en cuenta a la hora de diseñar planes de estudio. En este sentido, consideramos muy recomendable incluir en el currículum de Primaria contenidos científicos que son del interés natural de los niños, como en este caso los fósiles. De hecho, tal como el estudio revela, en aquellos casos en que los maestros han tratado el tema en clase, aunque sea someramente, aumentan de forma clara las respuestas positivas sobre el conoci-

miento y familiarización con los fósiles. En definitiva, una combinación del interés natural detectado, del aprovechamiento de los entornos no formales y de la inclusión en el currículo oficial contribuiría a que el aprendizaje fuera más significativo y a evitar ciertos sesgos o ideas previas erróneas vinculadas a la comprensión del fenómeno de fosilización que se constatan en etapas posteriores, como la alusión casi hegemónica a restos de animales obviando los vegetales o las huellas y otras evidencias de actividad en el pasado. A modo de ejemplo recomendaríamos trabajar con el concepto de fósil en Primaria aprovechando alguna visita a un museo o centro de naturaleza, planificando con actividades los momentos anteriores, durante y posteriores a la visita. Dependiendo del nivel, las actividades podrían girar en torno al concepto de fosilización, transcurso del tiempo geológico, evolución de las especies o presencia de plantas y huellas. Además de estos contenidos conceptuales se pueden trabajar otros procedimentales como la simulación de excavaciones, uso de lupa o registro de observaciones. El anclaje con el currículo de Primaria (ya que el concepto de fósil como tal no aparece) podría asegurarse al vincularse a contenidos como la diversidad de los seres vivos, su clasificación, funcionamiento de los ecosistemas o rocas y minerales.

En cuanto a la investigación, en el futuro sería conveniente extender el estudio a los niveles restantes de Primaria (5º y 6º) y/o al inicio de la Secundaria. También sería interesante considerar el efecto de la persistencia de las preconcepciones erróneas, y analizar las intervenciones educativas sobre el tema tanto en los entornos escolares como en los no formales como museos o medios de comunicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, L., González, A. y Luque, L. (2010). Talleres paleontológicos como recurso en la enseñanza de la Geología y Biología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.2, 216-221.
- Borgerding, L. A., Raven, S. (2018). Children's ideas about fossils and foundational concepts related to fossils. *Science Education*, 102, 414-439. <https://doi.org/10.1002/sce.21331>
- Burr, A. S., Chiment J. J., Allmon, D. W. y Rigby, J. K. (2003). A problematic fossil brings Paleontology to the classroom and the world. *Journal of Geoscience Education*, 51.4, 361-364.
- Calonge, A., Bercial, M. T., García, J. y López, M. O. (2003). El uso didáctico de los fósiles en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Pulso*, 26, 117-128.
- Calonge, A. y López, M. D. (2005). Una propuesta práctica para acercarse a la noción de fósil y fosilización. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 44, 49-56.
- Calonge, A. (2010). La Geología que emociona ¿qué geología enseñamos? ¿Qué geología necesitamos y qué geología divulgamos? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.2, 141-149.
- Ceballos, M. y Vílchez, J. E. (2017). Visitas de escolares de Educación Primaria a museos de ciencias. Análisis preliminar sobre sus percepciones. *Enseñanza de las Ciencias, nº extraordinario. X Congreso*. 1525-1530.
- Ceballos, M., Vílchez, J. E. y Escobar, T. (2017). La enseñanza de la Evolución en Primaria. Opinión del profesorado

y exploración de ideas inadecuadas en los niños. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Aula, Museos y Colecciones*, 4, 55-68.

Ceballos, M., Vílchez, J. E. y Reina, M. (2018). Concepto de fósil en niños de primero y segundo de primaria. En: *XX Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Menorca 2018*. (Eds.: J. Duque-Macías y P. Bernal). Menorca: Consell Insular de Menorca y AEPECT, 63-68.

Cheek, A. K. (2010). Commentary: a summary and analysis of twenty-seven years of geoscience conceptions research. *Journal of Geoscience Education*, 58.3, 122-134.

Colomer, M., Durán, H. y Puigcerver M. (2016). Una nueva manera de utilizar los itinerarios urbanos en la enseñanza de la Geología: trabajo cooperativo mediante computación en la nube. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24.2, 202-212.

Dodick, J. T. y Orion, N. (2003). Introducing evolution to non-biology majors via the fossil record: A case study from the Israeli high school system. *The American Biology Teacher*, 65.3, 185-190.

Dove, J. E. (1998). Students' alternative conceptions in Earth science: a review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13.2, 183-201. <http://dx.doi.org/10.1080/0267152980130205>

Eshach, H. J. (2007). Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 171-190.

Fragouli, S., Rokka, A. y Galani, A. (2017). The "unknown" greek paleoenvironment and fossils: evaluating Geography curriculum proposals for Elementary School. *European Journal of Geography*, 8.2, 143-152.

Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions, *International Journal of Science Education*, 35.1, 31-64. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.736644>

Gonçalves, S., Arai, M., Gomes, N. Z. y Wanderley, M. D. (2016). Paleontologia no Ensino Básico das escolas da Rede Estadual do Rio de Janeiro: uma avaliação crítica. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39.2, 134-142.

Kim, D.-H. y Hong, S.-H. (2013). Elementary Students' Perception Analysis on Fossil. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32.4, 503-514. <https://doi.org/10.15267/keses.2013.32.4.503>

Lewis, B. E. y Baker, R. D. (2010). A call for a new geoscience education research agenda. *Journal of research in Science Teaching*, 47.2, 121-129.

Libarkin, J. (2006). Geoscience education in the United States. *Plane*, 17.1, 60-63.

Lillo (1995). Ideas de los alumnos y obstáculos epistemológicos en la construcción de los conceptos fósil y fosilización. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.3, 149-153.

Loarces, R. G., Ferrer, G. F. y García, F. G. (2019). Evolución de los modelos mentales sobre fosilización tras el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16.2, 2102-2114. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2102

López, P. y Ramírez, M. D. (2001). Taller ¿Qué es un fósil? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9.2, 190-193.

Neves, J. P., Campos, L. M. L. y Simões, M. G. (2008). Jogos como recurso didático para o ensino de conceitos paleontológicos básicos aos estudantes do ensino fundamental. *Terr@ Plural*, 2.1, 103-114.

Padian, K. (2000). Feathers, fakes and fossil dealers: how the commercial sale of fossils erodes science and education. *Paleontología Electrónica*, 3.2, 8.

Pedrinaci, E. (coord.) (2013). Monográfico: ¿Qué geología enseñar? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.2, 114-217.

Pérez, L. y Caballer, M. J. (2005). Reflexiones para explorar y observar rocas fósiles ¿Salimos al campo? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 44, 85-94.

Real Decreto. 126/2014, de 28 de febrero (2014), por el que se establece el currículo básico de Educación Primaria.

Real Decreto. 1105/2014, de 26 de diciembre (2014), por el que se establece el currículo básico de Educación Secundaria Obligatoria y Bachiller.

Rodrigo, A. (2019). Gea y los fósiles. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 96, 37-40.

Sequeiros, L. (2010). ¿Quién mató al dinosaurio? Sherlock Holmes y los fósiles. Algunos escenarios para educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, 107-118.

Vílchez, J. E., Ceballos, M., de las Heras, M. A. y Arsua-ga, J. L. (2016). Frecuencia y uso de los museos de ciencia como recurso didáctico por parte de los maestros de Primaria. En: *Actas de los 27 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (Eds.: J. L. Bravo). Badajoz: Universidad de Extremadura, 1047-1053.

Yoshida, R., Tamaki, H., Sakai, T., Saito, M., Egusa, R., Kamiyama, S., Namatame, M., Sugimoto, M., Kusunoki, F., Yamaguchi, E., Inagaki, S., Takeda, Y. y Mizoguchi, H. (2015). Experience-based learning support system to enhance child learning in a museum: Touching real fossils and "experiencing" paleontological environment. En: *Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. New York: ACM, 25-28. ■

Este artículo fue recibido el día 23 de febrero y aceptado definitivamente para su publicación el 28 de abril de 2019.

ANEXO

Ítems del cuestionario

A continuación, se presenta el enunciado de las preguntas que aparecerían en el cuestionario respondido por los participantes en la investigación:

A contestar por el/la maestro/a:

Ítem 0:

0a: ¿Los alumnos han estudiado ya algo relacionado con la Geología? Sí / No

0b: ¿Los alumnos han estudiado ya algo relacionado con los fósiles? Sí / No

A contestar por el/la alumno/a

Ítem 1: ¿Sabes qué es un fósil? Sí / No

Ítem 2:

2a: ¿Alguna vez has visto uno? Sí / No

2b: ¿De qué era?

Ítem 3: ¿Dónde lo has visto? (marca las casillas que correspondan: ninguna, una o varias)

3a: En un museo

3b: En el campo

3c: En una casa

3d: En el colegio

3e: En televisión/cine

3f: Otros (indica cuáles)

Ítem 4: Escribe al menos tres palabras que describan cómo es un fósil (aparecen hasta 6 espacios para indicar palabras)

Ejemplos de dibujos sobre fósiles

A continuación, aparecen los dibujos comentados en el apartado "Otros resultados".



Fig. 3. Esqueleto fosilizado de un pez en una piedra. Autor: niño de 8 años que no ha estudiado lo que es un fósil y lo define como una piedra muy antigua que dentro tiene cualquier cosa y se encuentra en cuevas, en lugares abandonados y en montañas.



Fig. 4. Hueso en una piedra. Autor: niño de 9 años que no ha estudiado en el colegio lo que es un fósil.



Fig. 5. Ammonoideo en una piedra. Autora: niña de 9 años que no ha estudiado en el colegio lo que es un fósil.

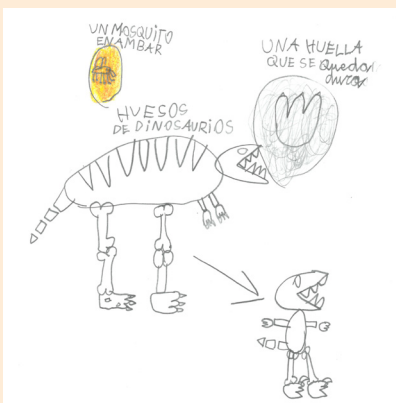


Fig. 6. Dibujo de estudiante de 1º de Primaria. Ha visto fósiles en un museo y los describe como viejos ("100.000 millones de años") y duros. No lo ha estudiado en el colegio.

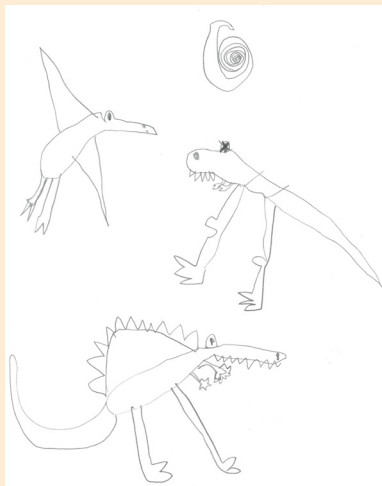


Fig. 7. Dinosaurios, reptil volador y ammonoideo. Autor: estudiante de 1º de Primaria que no ha estudiado en el colegio lo que es un fósil.



Fig. 8. Fósiles de ammonoideos y de huellas de dinosaurio. Autor: estudiante de 1º de Primaria que no ha estudiado en el colegio lo que es un fósil y lo describe como brillante, pesado y suave.