

Una contribución para la educación de la ciudadanía: el tiempo geológico

A contribution to education and citizenship: The deep time

JORGE MEDINA¹, DORINDA REBELO², MARGARIDA MORGADO³, GRAÇA MONTEIRO MCDADÉ⁴, JORGE BONITO⁵, LUÍSA MARTINS⁶ Y LUIS MARQUES⁷

^{1,7} Universidad de Aveiro, Portugal. E-mail: ⁽¹⁾ jmedina@ua.pt, ⁽⁷⁾ luis@ua.pt

² Escola Secundária de Estarreja, Estarreja, Portugal. E-mail: dorinda.rebelo@gmail.com

³ Escola Secundária de Viriato, Viseu, Portugal. E-mail: morgadomargarida@gmail.com

⁴ Escola Secundária Alcaides de Faria, Barcelos, Portugal. E-mail: gracamonteiro88@hotmail.com

⁵ Universidad de Évora, Portugal. E-mail: jbonito@uevora.pt

⁶ Escola Secundária Alves Martins, Viseu, Portugal. E-mail: luisalopesmartins@gmail.com

Resumen El tiempo geológico es un concepto complejo y muy importante en lo que se refiere a la enseñanza y al aprendizaje de las Ciencias de la Tierra. Por ello es necesario insistir en el desarrollo de investigación que pueda facilitar su comprensión en el contexto educativo. Este trabajo ha sido realizado en el ámbito del proyecto “El tiempo geológico en el contexto escolar: contribuciones de las percepciones de los alumnos para el desarrollo de una alfabetización de los ciudadanos”, de la Universidad de Aveiro (Portugal). Su objetivo es diagnosticar las percepciones que los alumnos del 7º año de escolarización (12-13 años de edad) tienen sobre este concepto y su papel en la comprensión de la sostenibilidad de la vida en el planeta. Se han elaborado materiales docentes, y se ha evaluado su impacto en el aprendizaje. Los resultados obtenidos indican que estos materiales han contribuido a una mejor comprensión del concepto de tiempo geológico y han permitido la integración de conocimientos de distintas disciplinas. Este trabajo propone cómo el concepto de tiempo geológico puede utilizarse para la educación de la ciudadanía.

Palabras clave: Tiempo geológico, enseñanza de la geología, alfabetización ciudadana, formación de profesores.

Abstract *Geological time is a very complex concept in the teaching and learning of geosciences, which justifies the need for new research in the educational context. This research project, carried out at the Research Centre for Teaching and Technology in Teacher Education, at the Portuguese University of Aveiro, brought together earth science educators, geologists, and science school teachers. Through the diagnosis of students' ideas (12-13 years old) about the concept, a set of curricular materials was designed and implemented for these students, analysing the impact on their learning. Findings point to the idea that these science curricular materials provide a better understanding of geological time as a concept and also a multi-disciplinary structural framework. The intention of this paper is to contribute to education and citizenship.*

Keywords: *Geological time, geology teaching, citizenship, teacher training.*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se encuadra en el proyecto “El tiempo geológico en el contexto escolar: contribuciones de las percepciones de los alumnos para el desarrollo de una alfabetización de los ciudadanos” desarrollado en el Centro de Investigación Didáctica y Tecnología en la Formación de Formadores de la Universidad de Aveiro (Portugal). De inicio el proyecto fue desarrollado para diagnosticar los cono-

cimientos de los alumnos sobre el tiempo geológico y, posteriormente, para la elaboración, implementación y evaluación de los materiales didácticos creados sobre esta temática.

Este trabajo pretende, por un lado, dar a conocer los indicadores que se han destacado en las distintas fases del proyecto de investigación y, por otro, justificar la realización de un taller, con profesores, sobre el encuadre curricular del concepto de tiempo geológico.

DESDE EL TIEMPO GEOLÓGICO A UNA CIUDADANÍA ACTIVA

Una de las finalidades propuestas para todos los niveles de enseñanza es *educar al ciudadano*. Sin discutir aquí las razones por las cuales los resultados no son siempre los deseados, necesitamos establecer los conceptos curriculares que puedan contribuir a alcanzar este objetivo.

El tiempo geológico en sí tiene esa capacidad. La comprensión de este concepto influye en la cultura científica de los alumnos, ayudándoles a formar parte de una ciudadanía más consciente, proactiva y razonada, participando en los debates sobre los problemas medioambientales, que tienen cada vez más presente la perspectiva temporal en relación a la ocurrencia de eventos como, por ejemplo, el calentamiento global y los cambios en el nivel del mar (Trend, 2005). Por lo tanto, este apartado se divide en dos partes: en la primera, se profundiza en el concepto de tiempo geológico y, en la segunda, se hace una breve reflexión sobre el concepto de ciudadanía y su importancia en el currículo.

El concepto de tiempo geológico y su complejidad

La Geología estudia la evolución de la Tierra, de sus organismos, y analiza una serie de procesos, siendo necesario ubicar temporalmente todos los eventos (Alegret et al., 2001). Para comprender elementos geológicos como minerales, rocas, fósiles, estratos, entre otros, que forman parte de realidades presentes y pasadas, es necesario determinar su situación en un orden cronológico, lo más precisa posible (Escribano Ródenas, 2008).

Desde su formación, el planeta que habitamos ha sido extraordinariamente dinámico. Esta afirmación está comprobada por diversas transformaciones geológicas como por ejemplo, la formación y desapa-

rición de océanos y cadenas de montañas, o la aparición y la extinción de muchas especies de seres vivos. Para ordenar y comparar eventos geológicos pasados ha sido creada una escala de tiempo geológico, lo más normalizada posible, que se usa en todo el mundo. Si comparamos el nivel de conocimiento que existe actualmente sobre cada Eón de tiempo geológico con la longitud con que cada una es representada en la escala, por ejemplo la editada por ICS (2010), comprobamos que el 83% del conocimiento pertenece al Eón Fanerozoico. Sin embargo, este eón sólo representa el 12% de la historia de la Tierra (los últimos 541 Ma). Además, el Precámbrico, que representa cerca del 88% del tiempo geológico (alrededor de 4.000 Ma) corresponde solo al 17% del gráfico (Fig. 1). Este porcentaje es, de algún modo, revelador del nivel de conocimiento geológico actualmente existente de este intervalo de tiempo. Podemos afirmar que el conocimiento geológico sobre el Fanerozoico es aproximadamente cinco veces superior al que existe sobre el Precámbrico. Además, se observa que el nivel de conocimiento está directamente relacionado con la existencia de rocas sedimentarias a lo largo del registro geológico (Fig. 1).

Los eventos geológicos están registrados en las rocas, principalmente en las sedimentarias. La cantidad media de rocas sedimentarias preservadas a lo largo del tiempo geológico (Fig. 1) sugiere que el registro sedimentario disminuye, casi, geoméricamente con la edad. Obviamente, no ha habido menos sedimentación en el pasado. Lo que ocurre es que cuanto más antigua es la roca sedimentaria mayor es la probabilidad de haber sido erosionada, deformada y/o metamorfozada transformándose en otras rocas. Si la deformación y/o el metamorfismo son un nuevo evento que queda registrado en las rocas, la realidad es que pueden borrar total o parcialmente los registros anteriores, especialmente en el caso del metamorfismo.

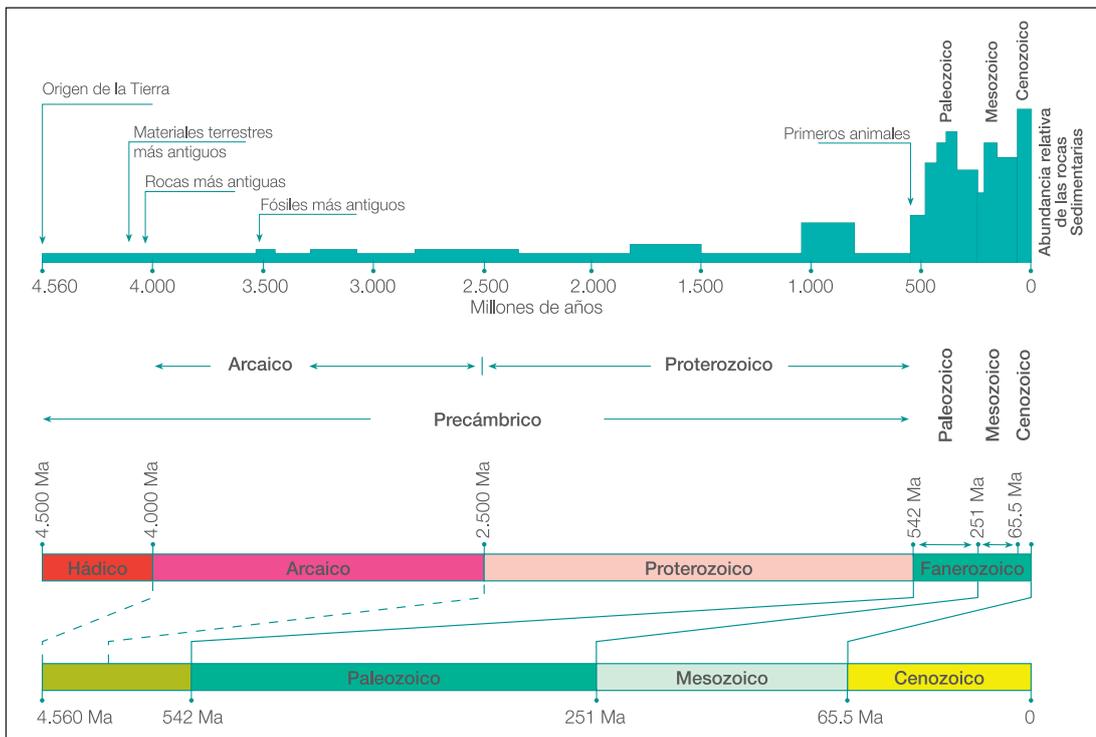


Fig. 1. Distribución de las rocas sedimentarias en el registro geológico. Representación gráfica y relación entre la extensión de los períodos del tiempo geológico y el grado de conocimiento existente sobre ellos (Bonito et al., 2011).

Concepto de ciudadanía: su importancia en el currículo

Hoy en día es muy común, siempre que se abordan temas relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, hablar de ciudadanía o, incluso, de la educación para la ciudadanía (Vieira *et al.*, 2011). ¿Será pretensión de una sociedad ideal? o ¿será una situación inevitable que surge en el día a día marcado por una sociedad en constante cambio? Este es un concepto que se refiere a los valores y se centra en el hombre, que está vinculado al mundo que nos rodea, estableciendo un mundo de posibles. Sentirse ciudadano significa desarrollarse y asumirse como persona (Praia, 2001), de conciencia despierta y crítica.

En nuestra sociedad ha aparecido una problemática que juega un papel central en el pensamiento sobre las dimensiones del desarrollo y de las alternativas que tienen que instalarse – la problemática ambiental. De hecho, la humanidad se enfrenta hoy a la búsqueda urgente de respuestas a esta problemática. Surgen intentos diferentes, desde la insistencia en un mayor desarrollo tecnológico hasta la necesidad de controlar el crecimiento económico. La crisis ambiental es una crisis civilizadora (Pureza, 2002). La forma como nos organizamos se encuentra “entre dois infinitos: o infinito dos recursos da Terra e o infinito do futuro” (Boff, 1995, p. 16). Y esta forma de organización ha fracasado indiscutiblemente. Ni los recursos - renovables y no renovables - son ilimitados como pone de manifiesto su progresiva escasez, ni el futuro es infinito si este modelo de civilización continúa: un modelo en la hermosa síntesis de Boff (1995, p. 17) en el que “o homem se vê como um ser sobre as coisas e não como um ser junto com as coisas”. “Ora, as duas primeiras gerações de direitos humanos – os direitos civis e os políticos e os direitos económicos, sociais e culturais – evidenciam que, quer no Estado liberal, quer no Estado social, as apostas políticas fundamentais passam ao lado de uma visão integrada da relação homem-natureza” (Pureza, 2002, p. 74).

La naturaleza del concepto de tiempo, en particular del tiempo geológico, contribuye por su propia extensión a que los ciudadanos sean conscientes de que tienen el inalienable deber de respetar y hacer respetar los principios estructurales de la naturaleza. Y desde un punto de vista curricular, “we believe this approach to the subject of Geology, by geological time issue, quite difficult to the compre-

hension, summoned students to new challenges, once they reflected on their own conduct as citizens of a Planet with about 4600 million years” (Marques *et al.*, 2011).

LAS PERCEPCIONES DE LOS ALUMNOS Y LA CONSTRUCCIÓN DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

Esta sección presenta varios indicadores que surgen de la investigación relacionada con la percepción que los alumnos tienen sobre el concepto de tiempo. Se describe el proceso de elaboración de los materiales y se analizan los datos relacionados con su aplicación y evaluación.

Percepción de los alumnos sobre el concepto de tiempo

Han sido definidos objetivos fundamentados en la literatura de la especialidad como base teórica de la elaboración de una encuesta realizada a los alumnos (ver Cuestionario, en el ANEXO) de 12-13 años de edad (Dodick y Orion, 2003; Trend, 2005), validada por un grupo de jueces, y aplicada en una fase piloto. Con esta “herramienta” se ha pretendido identificar percepciones sobre el concepto de tiempo y los factores que influyen en su comprensión, así como diagnosticar la importancia que los alumnos atribuyen al “tiempo” en el aprendizaje de la geología. En la Tabla I se muestran las categorías de contenido de cada objetivo. El estudio principal se ha desarrollado a partir de una muestra de 432 alumnos, distribuidos en 21 escuelas de educación pública del 3er ciclo de educación básica en las regiones centro y norte de Portugal.

En relación con las percepciones de los alumnos sobre el concepto de tiempo, constatamos que la mayoría (Morgado *et al.*, 2010): a) considera que este concepto es independiente de los instrumentos utilizados para medirlo, b) a veces pone de manifiesto las dificultades en la interpretación de un texto escrito, c) manifiesta haber adquirido los conceptos de datación relativa y absoluta, aunque no siempre lo sepan distinguir correctamente, d) presenta dificultad en ordenar una secuencia de eventos en la escala del tiempo geológico, y e) desconoce los criterios que prevalecen en la construcción de la escala de tiempo geológico.

En relación con los factores que influyen en la comprensión del concepto de tiempo geológico los datos sugieren que, para la mayoría de los encuestados, la proximidad temporal relativa de los eventos geológicos es un factor que condiciona la comprensión del concepto. Por otro lado, la mayoría cree que el concepto de tiempo geológico: es complejo (62,0%), requiere el uso de números muy grandes (60,1%), requiere una gran cantidad de memoria (66,3%) y asocia el tiempo geológico a esquemas muy complejos (69,2%). Los datos parecen indicar que la mayoría de los alumnos considera el “tiempo geológico” un concepto abstracto, lo que dificulta su comprensión.

Los resultados sugieren que algunos de los factores, tales como la proximidad temporal y el grado de abstracción del concepto, parecen condicionar la comprensión de la naturaleza del tiempo geológico.

Tabla I. Objetivos y categorías de contenido del cuestionario.

OBJETIVOS	CATEGORÍAS DE CONTENIDO
Diagnosticar las percepciones de los alumnos sobre el concepto de tiempo	El concepto de tiempo La edad relativa La edad absoluta Los criterios utilizados en la creación de la escala de tiempo geológico
Identificar los factores que influyen en la comprensión del concepto de tiempo geológico	La proximidad física El grado de abstracción
Diagnosticar la importancia que los alumnos atribuyen al “tiempo” en el aprendizaje de la geología	La importancia del concepto de tiempo geológico

Tabla II. Conceptos y preguntas utilizadas para la elaboración de los materiales didácticos.

PREGUNTA ORIENTADORA: ¿DE QUÉ MODO LA INTERPRETACIÓN DE LA HISTORIA DE LA TIERRA PUEDE AYUDAR A COMPRENDER EL CONCEPTO DE TIEMPO GEOLÓGICO?	
I – Tu historia... ¿Cuáles son los principales acontecimientos que enmarcan la historia de tu vida?	II – La historia de la humanidad... ¿Qué datos nos permiten contar la historia de la humanidad?
III – La historia de la Tierra y de la vida... ¿Qué evidencias hay para ayudarnos a contar la historia de la Tierra y de la vida?	IV – El hombre y la evolución del planeta Tierra... ¿De qué manera la interpretación de la historia de la Tierra nos puede ayudar a predecir su evolución?
V – El tiempo de la conciencia en la evolución... ¿El Hombre sabrá habitar sabiamente el planeta Tierra?	

Desde el punto de vista temporal, cuanto más lejos está un acontecimiento geológico, más difícil es de reconocer y, cuanto más abstracto, más complicada es su comprensión.

En lo que se refiere a la importancia que los estudiantes atribuyen al tiempo en el aprendizaje de la geología, el análisis y la interpretación de la información obtenida permiten extraer los indicadores que se presentan a continuación: a) reconocen que los terremotos son acontecimientos geológicos que ocurren dentro de un corto período de tiempo y que, por ejemplo, el vulcanismo y la erosión son más lentos; b) muestran más dificultades en la correcta asignación de tiempo a eventos geológicos lentos (por ejemplo, la erosión de una montaña) que a eventos más rápidos (por ejemplo, los terremotos); c) reconocen la importancia del tiempo geológico para la comprensión de los fenómenos y procesos geológicos; d) valoran la importancia del concepto de tiempo geológico en la comprensión de los fenómenos geológicos que han ocurrido en el pasado (por ejemplo, la tectónica de placas, la desaparición de los dinosaurios, la formación de montañas, la formación del Océano Atlántico) y consideran que el tiempo geológico no es importante para predecir los eventos geológicos (terremotos, por ejemplo); e) tienen dificultades para entender el concepto de tiempo geológico, considerando que es un concepto complicado, que dificulta la comprensión de los fenómenos geológicos y de la historia de la Tierra y, por lo tanto, no lo consideran imprescindible en el aprendizaje de la geología.

Los resultados muestran que los alumnos dan importancia al concepto de tiempo geológico en el aprendizaje de la geología, aunque no tienen una idea correcta del concepto en sí mismo, lo que conduce a que lo asocien a fenómenos que no están relacionados con acontecimientos geológicos.

El proceso de elaboración de los materiales didácticos

El análisis e interpretación de la información obtenida a través de las respuestas a la encuesta realizada a los alumnos, han sido utilizados para elaborar los materiales didácticos (Tabla II). Los materiales didácticos, divididos en cinco temas, tratan de responder a una cuestión orientadora general. Para cada uno de los cinco temas fue definida una pregunta orientadora, que permitió obtener respuestas para el conjunto de las actividades prácticas propuestas (por ejemplo, análisis de infor-

mación, interpretación de datos, debate/reflexión, entre otras).

Para ilustrar la naturaleza y diversidad de las actividades que integran estos materiales didácticos, se presentan, a continuación, algunas de las propuestas más ilustrativas. Con respecto al tema “Tu historia...”, las actividades propuestas se centran en la historia del alumno y su familia (Tabla III y IV).

Tabla III. Ejemplo de la actividad del tema “Tu historia...” centrado en el alumno.

PARA AYUDARTE A CONTAR LA HISTORIA DA TU VIDA, SEÑALA EN EL TIEMPO LOS ACONTECIMIENTOS QUE LA HAN MARCADO. EN LA COLUMNA DE LA IZQUIERDA INDICA LOS QUE TUVIERON LUGAR EN EL ENTORNO FAMILIAR Y EN LA DE LA DERECHA LOS DE NIVEL LOCAL, REGIONAL O GLOBAL.		
Acontecimientos en el entorno familiar (ejemplo: tu nacimiento)	...	Acontecimientos de nivel local, regional o global (ejemplo: sismos)
	1996	
	1997	
	...	
	2010	
	2011	

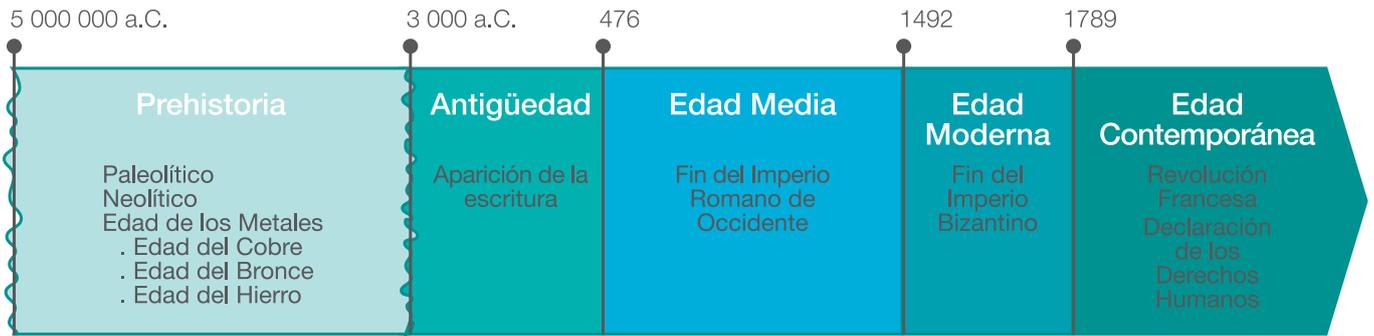
En el tema “La historia de la humanidad...”, se han propuesto actividades que han permitido al alumnado comparar las diferentes escalas de tiempo (por ejemplo, la que se emplea en la historia del alumnado y la utilizada en la historia de la humanidad) y discutir los criterios utilizados en su elaboración. También ha sido posible reflexionar sobre la importancia de los registros antropológicos que permiten construir una escala usada para contar la

Tabla IV. Ejemplo de la actividad del tema “Tu historia...” en el entorno de la familia del alumno.

<p>Ahora necesitamos que nos ayudes a contar la historia de la vida de tu abuelo materno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Haz una lista de los acontecimientos que sabes de la vida de tu abuelo. • ¿Qué dificultades has tenido durante la realización de la lista de los acontecimientos? • ¿Qué razones encuentras para explicar las dificultades mencionadas en la pregunta anterior? • ¿Quién podría ayudarte a superar las dificultades diagnosticadas en la lista de los acontecimientos de la vida de tu abuelo? Justifica tu respuesta.
<p>Te invitamos a que retrocedas un poco más en el tiempo...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respecto al abuelo de tu madre, que acontecimientos sabes que puedan ayudarte a contar la historia de su vida? • ¿Cuales son los acontecimientos de la vida del abuelo de tu madre que conoces? ¿Como tuviste acceso a ellos? • Si desconoces algunos acontecimientos en la vida del abuelo de tu madre, ¿Como podrías acceder a la información que te permitiría contar la historia de su vida? • ¿Qué dificultades crees que encontrarías en el acceso a la información necesaria para contar la historia de la vida del abuelo de tu madre? ¿Por qué?

- A partir de los datos suministrados en la figura 2 indica, en años, la duración de: Prehistoria; Antigüedad; Edad Media; Edad Moderna; Edad Contemporánea.
- Compara la duración de cada una de las divisiones o períodos representados en el esquema cronológico. ¿Qué puedes concluir?
- Señala los criterios utilizados para establecer la división de tiempo representado en el esquema cronológico.
- Compara la escala de tiempo (de tu biografía) con la escala de la historia del Hombre, relacionando la duración de sus divisiones. Da una explicación para las diferencias encontradas.
- ¿Qué tipo de registros contribuyen para caracterizar la historia de la humanidad?
- ¿Qué problemas crees que los investigadores tienen al contar la historia de la humanidad?

Tabla V. Ejemplo de actividades del tema “La historia de la humanidad...”.



Hablar de millones de años en la historia de la Tierra y elaborar un tiempo anterior a la existencia del Hombre fueron conquistas de la ciencia arduas y muchas veces trágicas por el dogmatismo religioso más extendido en la Europa de los siglos XV y XVI.

- Expón un caso que indique que la ciencia está condicionada por factores sociales.
- ¿Qué importancia ha tenido para el Hombre saber que la Tierra no tenía solamente 6000 años? Numerosos estudios han conseguido datar el planeta Tierra y consideran que se formó hace 4.600 millones de años. ¿Qué instrumentos se habrán utilizado para obtener esta edad para la Tierra?

Considera ahora el tiempo geológico desde que la Tierra se formó hasta hace 540 Ma.

- Como puedes ver en la figura 3 el Precámbrico se divide en espacios de tiempo de distinta duración (Hádico, Arcaico y Proterozoico). ¿Por qué los intervalos de tiempo considerados no son todos de la misma longitud?
- ¿Qué criterios se han utilizado para crear los intervalos considerados?
- ¿Qué problemas crees que los investigadores tienen para contar la historia de la Tierra en el tiempo considerado?

Tabla VI. Ejemplo de actividades para el tema “La historia de la Tierra y de la vida...”.

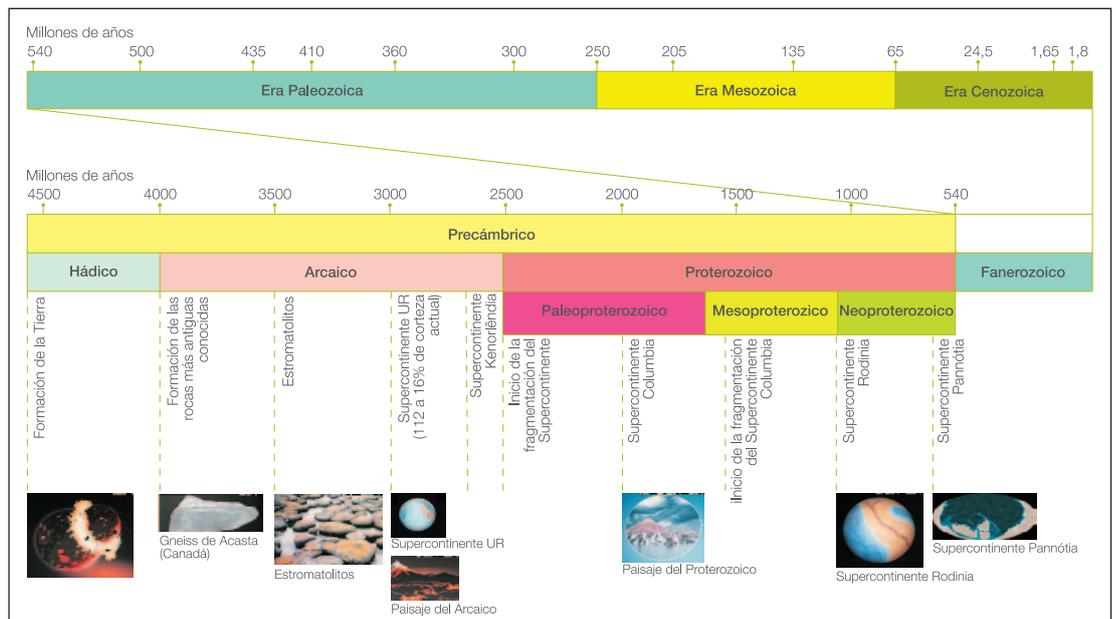


Fig. 3. Escala de tiempo geológico.

historia humana. Las actividades de la Tabla V presentan ejemplos de propuestas para este tema.

Las actividades relativas al tema “La historia de la Tierra y de la vida...” permiten al alumnado comparar las escalas de tiempo mencionadas anteriormente (las que se utilizan para contar la historia de la familia del alumnado y la historia de la humanidad), con la escala del tiempo geológico. También se discuten los criterios utilizados en la elaboración de esta última escala, y se examinan las dificultades que encuentran los investigadores para contar la historia de la Tierra y de la vida en la Tierra. La Tabla VI presenta la propuesta para este tema.

Fig. 2. Línea de tiempo: prehistoria y períodos de la historia.

Los temas “El Hombre y la evolución del planeta Tierra...” y “El tiempo de la conciencia en la evolución...”, proponen actividades que ayudan al alumnado a reflexionar sobre las explicaciones que han sido propuestas por la comunidad científica para la evolución del planeta Tierra. En particular, se utilizan los que están asociados con la actividad humana (calentamiento o enfriamiento global, por ejemplo) y, por otro, sobre el tiempo que estos procesos tardan y el papel que el Hombre tiene, o puede tener, en el desarrollo de los mismos.

El alumnado, comprendiendo el tiempo que algunos fenómenos de la naturaleza tardan para convertirse en perceptibles, podrá adoptar más con-

ciencia de los comportamientos que dañan el medio ambiente, pudiendo tener consecuencias en la evolución futura del planeta Tierra y su sostenibilidad.

Indica cómo un período en que el clima es mucho más frío influye en la supervivencia de las especies.

¿La extinción en masa que ocurrió entre el Ordovícico y el Silúrico tuvo alguna influencia humana? Justifica tu respuesta.

¿De qué forma, actualmente, pueden relacionarse la extinción de especies con la acción humana?

¿Ya sabes la expresión "calentamiento global"?

¿Dónde colocabas este fenómeno en la escala del tiempo geológico? Justifica tu respuesta.

¿De qué forma los acontecimientos del pasado de la Tierra nos pueden ayudar a comprender la evolución del planeta?

Tabla VII. Ejemplo de actividades para el tema "El hombre y la evolución del planeta Tierra..."

La Tabla VII muestra algunas cuestiones planteadas al alumnado para abordar el tema que articula el Hombre con la evolución del planeta.

La Tabla VIII incluye un conjunto de preguntas orientadoras para un posible debate con el alumnado relacionadas con el último tema elegido: "El tiempo de la conciencia en la evolución".

· ¿Por qué es primordial la biodiversidad del planeta Tierra?

· Indica tres acciones efectuadas por el Hombre que puedan poner en peligro la supervivencia de los seres vivos y la preservación del planeta Tierra.

· Discute, con tus compañeros, las medidas que debe tomar cada ciudadano para contribuir a la supervivencia de los seres vivos y la preservación del planeta Tierra.

· Haz una valoración crítica de las medidas que tomas en tu día a día para fomentar la preservación del planeta Tierra.

· Discute, con tus compañeros, los siguientes asuntos: ¿Sabrá el Hombre habitar sabiamente la Tierra? ¿Qué necesita hacer para lograrlo? ¿Estás dispuesto a hacer tu aportación? ¿De qué manera?

· Expón las ideas principales que resultaron del debate con tus compañeros.

Tabla VIII. Ejemplo de actividades para el tema "El tiempo de la conciencia en la evolución..."

Se destaca la intencionalidad de la propuesta de abordaje curricular de este tema que está intrínsecamente centrado en la necesidad de que el alumnado profundice en el grado de conciencia sobre sus responsabilidades como ciudadanos activos en su sociedad.

Aplicación y evaluación de los materiales didácticos

Aplicar los materiales didácticos ha necesitado cerca de 10 horas en el 7º año de escolarización, entre septiembre y octubre de 2010. Al final del proceso, el alumnado ha preparado un texto sobre la historia del planeta Tierra. Los alumnos tuvieron algunos problemas, especialmente relacionados con la correspondencia entre los principales eventos de la historia de la Tierra.

Sin embargo, los eventos importantes, y que actúan como marco de separación entre las distintas etapas geológicas, fueron siempre identificados. Reconocieron que los acontecimientos geológicos, climáticos y biológicos se utilizan para organizar la escala de tiempo geológico.

Los resultados indican que los alumnos reconocen los eventos clave en la historia de la Tierra, que incluyen las extinciones y el surgir de nuevas formas de vida. También desarrollaron una toma de conciencia sobre el papel que cada ciudadano responsable tiene para preservar el planeta Tierra. La evaluación de los materiales, hecha por los alumnos, se expone en la tabla IX.

Desde la perspectiva de los autores, la aplicación de materiales didácticos revela que el enfoque curricular de conceptos complejos, como el de tiempo geológico, debe ajustarse a las perspectivas reformuladas de la enseñanza, en detrimento de otras actividades más reduccionistas. Se debe proporcionar un enfoque pluridimensional y multidisciplinar, donde los materiales didácticos elaborados deben facilitar el pensamiento holístico y, simultáneamente, deben ser culturalmente enriquecedores. Se espera que este enfoque contribuya también al desarrollo de una ciudadanía más activa y a la intervención en la preservación del planeta Tierra.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	RESPUESTAS DE LOS ALUMNOS
Han sido variados y motivadores.	Esta actividad nos permitió pensar y cuestionar muchas cosas sobre el presente, pasado y futuro, no sólo de la historia de la Tierra, sino también de la historia de nuestra vida (Q1).
Han contribuido para la comprensión de la historia de la Tierra y del concepto de tiempo geológico.	Aunque no sea fácil de comprender muchos conceptos de la historia de la vida y de la Tierra, al final de la actividad tenemos una mejor idea sobre el tiempo y los eventos en la Tierra y es una forma interesante de aprender y entender lo que está sucediendo en nuestro planeta (Q4).
Han permitido la integración de diversos conceptos de distintas asignaturas.	Nos acercamos a la lengua con los adverbios temporales, utilizamos las matemáticas para determinar la duración de la prehistoria, antigüedad..., usamos la física para estudiar los astros, historia, biología y geología en el estudio de los fósiles (Q13).
Han promovido procesos de enseñanza y de aprendizaje variados.	La diversificación de los métodos de aprendizaje hace que los alumnos se involucren cada vez más en el tema (Q17).

Tabla IX. Características de los materiales según los alumnos.

LA INVESTIGACIÓN Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES

Este proyecto ha tenido como objetivo establecer un diálogo, sin duda difícil, entre la investigación educativa y la práctica lectiva (Hammersley, 2002).

Teniendo en cuenta los indicadores emergentes de las diferentes etapas de esta investigación (diagnóstico de las concepciones de los alumnos sobre el tiempo geológico, construcción de materiales didácticos basados en indicadores emergentes de investigación, y su implementación y evaluación con alumnos), consideramos que la discusión con los profesores podría ayudar a mejorar las prácticas lectivas.

Así, proponemos que la formación de profesores también debe lograr los siguientes objetivos:

- compartir concepciones de alumnos sobre la importancia que atribuyen al concepto de Tiempo Geológico en el aprendizaje de la geología;
- analizar materiales didácticos innovadores para abordar el tema del Tiempo Geológico, y que pueden ser implementados en diferentes niveles de educación (7º, 10º, 11º y 12º años de escolaridad);
- contribuir al desarrollo de las competencias apropiadas para la asunción de posturas reflexivas, en relación con el tiempo geológico y la función que este puede desempeñar en el desarrollo personal y profesional de los profesores y en la formación de los alumnos;
- contribuir para acercar la investigación en didáctica de las prácticas de enseñanza de los profesores, con repercusión en el aprendizaje de los alumnos;
- sensibilizar al ciudadano común para una práctica cotidiana hacia una mayor sostenibilidad del planeta Tierra.

CONSIDERACIONES FINALES

Desde la perspectiva de los autores, la aplicación de los materiales didácticos elaborados revela que el enfoque curricular de los conceptos complejos, como el concepto de tiempo geológico, deben ajustarse a las perspectivas reformuladas de la enseñanza, en perjuicio de otras actividades más reduccionistas. Se debe proporcionar un enfoque pluridimensional y multidisciplinar, en el que los materiales didácticos elaborados faciliten el pensamiento holístico y, simultáneamente, sean culturalmente enriquecedores. Se espera que este procedimiento también contribuya al desarrollo de una ciudadanía más activa en la preservación del planeta Tierra.

Las actividades planteadas a los alumnos, sobre el pasado y el presente, como por ejemplo “¿vamos a ser capaces de habitar la Tierra con sabiduría? o ¿cómo podríamos garantizar la preservación del planeta para las generaciones futuras?” potenciaron reflexiones para un llamamiento a la conciencia de la ciudadanía, en el sentido de que cada uno debe ser más activo e intervencionista en la preservación del planeta, garantizando la supervivencia de las generaciones futuras.

El alumnado, el profesorado y el ciudadano en general, si comprenden el “tiempo” que algunos fe-

nómenos de la naturaleza tardan hasta llegar a ser perceptibles, sea a una escala geológica o humana, podrán adoptar con más conciencia comportamientos que no dañen el medio ambiente, y que tengan efectos positivos sobre la evolución futura del planeta Tierra y su sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Alegret, L.; Meléndez, A. y Trallero, V. (2001). Didáctica del tiempo en Geología: apuntes en internet. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(3), 261-269.

Boff, L. (1995). *Ecologia: grito da terra, grito dos pobres*. Editora Ática, São Paulo.

Bonito, J., Medina, J., Morgado, M., Rebelo, D., Monteiro, G., Martins, L. y Marques, L. (2011). La naturaleza del tiempo y su complejidad: el caso del tiempo geológico – implicaciones educativas. *Dyna*, 169(78), 247-257.

Dodick, J. y Orion, N. (2003). Measuring Student Understanding of Geological Time. *Science Education*, 87, 708-731.

Escribano Ródenas, M. (2008). *La medida del tiempo geológico: un reto en secundaria*. En: Actas del XV Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Eds.: A. Calonge, L. Rebollo, M. D. López-Carrillo, A. Rodrigo e I. Rábano). Cuadernos del Museo Geominero, n.º 11 (pp. 119-127). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Hammersley, M. (2002). *Educational Research. Policy-making and Practice*. A SAGE Publication Company, London.

ICS - International Commission on Stratigraphy (2010). *International stratigraphic chart*. Archivo consultado en 2012, 17 de Mayo, a partir de http://www.stratigraphy.org/ics%20chart/09_2010/StratChart2010.jpg

Marques, L., Monteiro, G., Morgado, G., Rebelo, D., Bonito, J., Medina, J. y Martins, L. (2011). Deep time: from the complexity of the concept, to the implementation and assessment of curriculum materials, towards the development of citizenship. En *VII International conference. Geology at School and University: Geology and Civilization, Tom III, Scientific Papers* (pp.28-32). Universidade de S. Petersburg, S. Petersburg.

Morgado, M., Rebelo, D., Monteiro, G., Bonito, J., Medina, J., Marques, L. y Martins, L. (2010). *O tempo geológico e a aprendizagem da geologia: concepções de alunos do 7.º ano do ensino básico (12-13 anos)*. En *XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (Eds.: L. Alcalá y L. Mampel). Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel – Dinópolis, Teruel, 197-204.

Pedrinaci, E. y Berjillos, P. (1994). El concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.1, 240-251.

Praia, M. (2001). *Educação para Cidadania. Teorias e Práticas*. Edições ASA, Porto.

Pureza, J. (2002). *Pedaços de uma fé crítica*. Quarteto Editora, Coimbra.

Trend, R. (2005). Individual, situational and topic interest in geoscience among 11 and 12-year-old children. *Research Papers in Education*, 20(3), 271-302.

Vieira, R., Tenreiro-Vieira, C. y Martins, I. (2011). *Educação em Ciências com orientação CTS. Atividades para Ensino Básico*. Areal Editores, Porto. ■

Fecha de recepción del original: 02/01/2013

Fecha de aceptación definitiva: 18/03/2013

Cuestionario

Esta encuesta tiene como objetivo conocer tus conceptos del tiempo. Tu cooperación es muy importante. Esto ayudará a los profesores y a los investigadores a mejorar las condiciones en que tiene lugar el aprendizaje en la disciplina de Ciencias Naturales.

No hay respuestas correctas o incorrectas, por lo que te solicitamos una respuesta sincera. Todas las respuestas serán tratadas de forma confidencial.

Por favor, contesta todas las preguntas de forma individual. El cuestionario es anónimo y no tendrá ninguna influencia en tu calificación. Se te dará tiempo para responder.

Agradecemos tu cooperación

Parte I

Responde a las preguntas 1.1. a 1.4., relativas a tus datos personales

1.1. Nombre de tu Escuela: _____ 1.2. Ayuntamiento: _____

1.3. Edad: _____ 1.4. Sexo: Varón Mujer (Señala con una X la opción que corresponda)

Parte II

Para responder a las preguntas numeradas del 1 al 11, ten en cuenta tus puntos de vista sobre el Tiempo y explica, cuando corresponda, cuál es tu opinión.

1. Si no hubiera relojes, ¿existiría el tiempo? Sí No (Señala con una X la opción que corresponda)

1.1. Justifica tu respuesta _____

2. Indica el significado de las siguientes expresiones:

2.1. "En ningún tiempo" _____

2.2. "Tiempo sin fin" _____

3. Ordena los acontecimientos que se suceden, y indica en la Tabla I las letras correspondientes

- A. I Guerra Mundial.
- B. La separación de Pangea.
- C. El nacimiento de mi padre.
- D. El año de mi nacimiento.
- E. Formación de la Tierra.
- F. El nacimiento de mi abuelo.
- G. La extinción de los dinosaurios.
- H. La formación de la Sierra de la Estrella.

Más antiguo	Más reciente								
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> </table>									

Tabla I

4. "Un amigo de Jorge preguntó las edades a sus amigos y concluyó: Ana es más joven que Joaquín y más vieja que yo; por otra parte, yo soy mayor que Sara. Rita es más vieja que Ana y más joven que Joaquín".

4.1. Coloca en orden creciente las edades de Ana, Jorge, Joaquín, Rita y Sara.

4.2. ¿Se puede saber la edad exacta de Ana? Sí No

4.2.1. Justifica tu respuesta _____

5. Posiciona adecuadamente los números en la línea que se muestra en la figura 1, que corresponden con los eventos geológicos de la Tabla II.

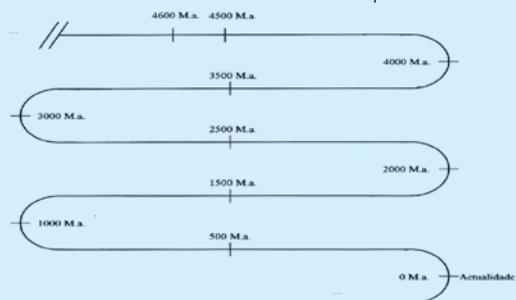


Tabla II	
1. Aparición de los primeros peces.	6. Extinción de los mamuts.
2. Formación de la corteza terrestre.	7. Aparición de las primeras formas de vida en la Tierra.
3. Extinción de los dinosaurios.	8. Extinción de los trilobites.
4. Formación del planeta Tierra.	9. Inicio de la apertura del Océano Atlántico.
5. Aparición de las primeras aves.	10. Aparición de los primeros seres humanos en la Tierra.

6. Observa, atentamente, las imágenes de la figura 2 que representan los eventos geológicos que ocurren en un lugar determinado en el tiempo (Adaptado de Pedrinaci y Berjillos, 1994).

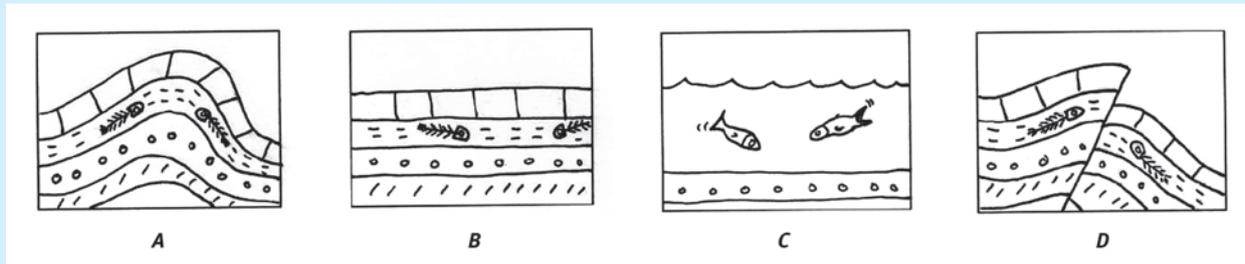


Figura 2

6.1. Marca con un X la opción que refleja la secuencia correcta desde el punto de vista cronológico, de las imágenes A a D.

- a) A, C, B, D.
- b) C, B, A, D.
- c) A, C, D, B.
- d) B, C, D, A.
- e) C, B, D, A.
- f) B, C, A, D.

6.2. A continuación, ordena los procesos teniendo en cuenta la historia geológica representada en la figura 2, desde el más antiguo (escribir nº 1) hasta el más reciente (escribir nº 5).

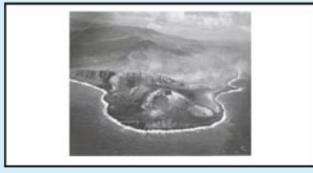
- I) Compactación
- II) Plegamiento
- III) Sedimentación
- IV) Fossilización
- V) Fallamiento

7. En tu opinión, ¿los fósiles nos pueden indicar la edad de las rocas? Sí No

7.1. Justifica tu respuesta _____

8. Establece la correspondencia entre los números romanos de la escala de tiempo (I a VI) y los eventos geológicos (A a C), teniendo en cuenta el tiempo que crees que ha sido necesario para que se hayan producido.

- Escala de tiempo:** I. Entre un día y un mes II. Entre un mes y un año III. Entre un año y 10 años
 IV. Entre 10 años y 1 000 años V. Entre 1 000 años y 1 000 000 años VI. Más de 1 000 000 años

	Antes	Escala de tiempo	Después
Evento A		
Evento B		
Evento C		

9. Señala tu grado de acuerdo sobre los criterios que crees que se han utilizado para elaborar la escala de tiempo geológico.

Criterios	Grado de acuerdo			
	Desacuerdo absoluto	Desacuerdo parcial	Acuerdo parcial	Acuerdo absoluto
9.1. Los acontecimientos de la historia humana.				
9.2. La aparición de nuevas especies de seres vivos.				
9.3. Divisiones equitativas de tiempo.				
9.4. Registro fósil.				
9.5. Edad absoluta de una roca.				
9.6. Edad relativa de los estratos.				
9.7. La extinción de los seres vivos.				

10. Señala tu grado de acuerdo en relación a las afirmaciones que se indican a continuación, sobre la importancia que atribuyes al tiempo geológico en la comprensión de los fenómenos y mecanismos geológicos.

Afirmaciones El tiempo geológico...	Grado de acuerdo			
	Desacuerdo absoluto	Desacuerdo parcial	Acuerdo parcial	Acuerdo absoluto
10.1. ... nos permite entender la tectónica de placas.				
10.2. ... permite conocer los valores de precipitación en una región determinada.				
10.3. ... nos permite entender la desaparición de los dinosaurios.				
10.4. ... no nos permite entender la evolución de la vida en la Tierra.				
10.5. ... ayuda a explicar la formación de las montañas.				
10.6. ... permite medir la variación de la temperatura diaria en una región dada.				
10.7. ... permite predecir la erupción de un volcán.				
10.8. ... permite explicar la formación del Océano Atlántico.				
10.9. ... no permite explicar la diferencia de la biodiversidad existente en Australia, en comparación con otros continentes.				
10.10. ... no permite predecir la ocurrencia de un terremoto.				

11. Señala tu grado de acuerdo con las declaraciones que a seguir se presentan sobre el tiempo geológico.

Afirmaciones El tiempo geológico...	Grado de acuerdo			
	Desacuerdo absoluto	Desacuerdo parcial	Acuerdo parcial	Acuerdo absoluto
11.1. ...es un concepto demasiado complejo.				
11.2. ...requiere números demasiado grandes.				
11.3. ...hace referencia a eventos cronológicamente muy alejados de mí.				
11.4. ...complica la comprensión de los fenómenos geológicos (por ejemplo, formación y erosión de las montañas, ...).				
11.5. ...hace referencia a fenómenos no observados por el ser humano.				
11.6. ...es prescindible en el aprendizaje de la geología.				
11.7. ...dificulta la comprensión de la historia de la Tierra.				
11.8. ...requiere mucha memorización, asociación de fenómenos geológicos a una edad determinada.				
11.9. ...ayuda a comprender los acontecimientos de la prehistoria.				
11.10. ... se presenta en esquemas muy complejos.				

Muchas gracias por tu cooperación.