

UNA CONTRIBUCIÓN PARA LA EDUCACIÓN Y LA CIUDADANÍA: EL TIEMPO GEOLÓGICO

A contribution to education and citizenship: The deep time

Jorge Medina ⁽¹⁾; Dorinda Rebelo ⁽²⁾; Margarida Morgado ⁽³⁾; Graça Monteiro
McDade ⁽⁴⁾; Jorge Bonito ⁽⁵⁾; Luísa Martins ⁽⁶⁾; Luis Marques ⁽⁷⁾

^(1, 7) Universidad de Aveiro, Portugal, ⁽¹⁾ jmedina@ua.pt, ⁽⁷⁾ luis@ua.pt

⁽²⁾ Escuela Secundaria de Estarreja, Portugal, dorinda.rebelo@gmail.com

⁽³⁾ Esc. Sec. de Viriato, Portugal, morgadommargarida@gmail.com

⁽⁴⁾ Esc. Sec. Alcaides de Faria, Portugal, gracamonteiro88@hotmail.com

⁽⁵⁾ Universidad de Évora, Portugal, jbonito@uevora.pt

⁽⁶⁾ Esc. Sec. Alves Martins, Portugal, luisalopesmartins@gmail.com

Resumen

El tiempo geológico es un concepto muy complejo en lo que se refiere a la enseñanza y al aprendizaje de las Ciencias de la Tierra, y por eso la necesidad de 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 contexto escolar: contribuciones de las percepciones de los alumnos para el desarrollo de una alfabetización de los ciudadanos”, de la Universidad de Aveiro (Portugal) y busca diagnosticar las percepciones que los alumnos del 7.º año de escolaridad (12-13 años de edad) tienen sobre este concepto y su papel en la comprensión de la sustentabilidad de la vida en el planeta. Han sido elaborados materiales curriculares, aplicados

en clase a alumnos del 7.º y 12.º (17-18 años de edad) años de escolaridad y evaluado su impacto en el aprendizaje. Los resultados encontrados indican que los materiales curriculares producidos han contribuido para una mejor comprensión del concepto de tiempo geológico y han permitido la integración de conocimientos de distintas áreas disciplinares. Este trabajo pretende ser un contributo para mostrar de que forma el concepto de tiempo geológico puede aportar para la educación y la ciudadanía.

Abstract

Geological time is a very complex concept in geosciences teaching and learning process that justifies the need for new research on the educational context. This research project carried out at the Research Centre for Didactics and Technology in Teacher Education, at the Portuguese University of Aveiro, joined together, purposely, earth science educators, geologists and science school teachers. Through the diagnosis of students' ideas (12-13 years old) about the concept, it was designed and implemented a set of curricular materials for students with 12-13 and 17-18 years old and was analysed the impact on the learning process. Results conducted to the idea that these science curricular materials allow a better understanding of geological time concept and also a multi-disciplinary articulation. With this paper we intend contribute to education and citizenship.

Palabras clave: tiempo geológico, enseñanza de la geología, ciudadanía, formación de profesores.

Keywords: geological time, geology teaching, citizenship, teacher education.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se encuadra en el proyecto “El tiempo geológico en 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 la implementación del proyecto corresponde al diagnóstico de los conocimientos de alumnos sobre el tiempo geológico y, después, a 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 para la obtención de aquel objetivo. El tiempo geológico en sí tiene esa capacidad. Por lo tanto, esta sección está

dividida en dos partes: en la primera, se profundizará el concepto de tiempo geológico y, en la segunda, se hará una breve reflexión sobre la naturaleza del concepto por la ciudadanía.

El concepto de tiempo geológico y su complejidad

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 desaparición de océanos y cadenas de montañas, o el aparecimiento y la extinción de muchas especies de seres vivos. Para ordenar y comparar eventos geológicos pasados ha sido creado una escala de tiempo geológico, lo más normalizada posible, para ser usada en todo el mundo. Se asignamos el nivel de conocimiento que existe actualmente de cada Era 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 corresponde solo al 12% de la historia de la Tierra (los últimos 540 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, o sea, 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, geométricamente con la edad. Obviamente, no ha habido menos sedimentación en el pasado. Lo que pasa es que cuanto más antigua fué 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 nuevas rocas, la realidad es que este nuevo evento borra total o parcialmente los registros anteriores.

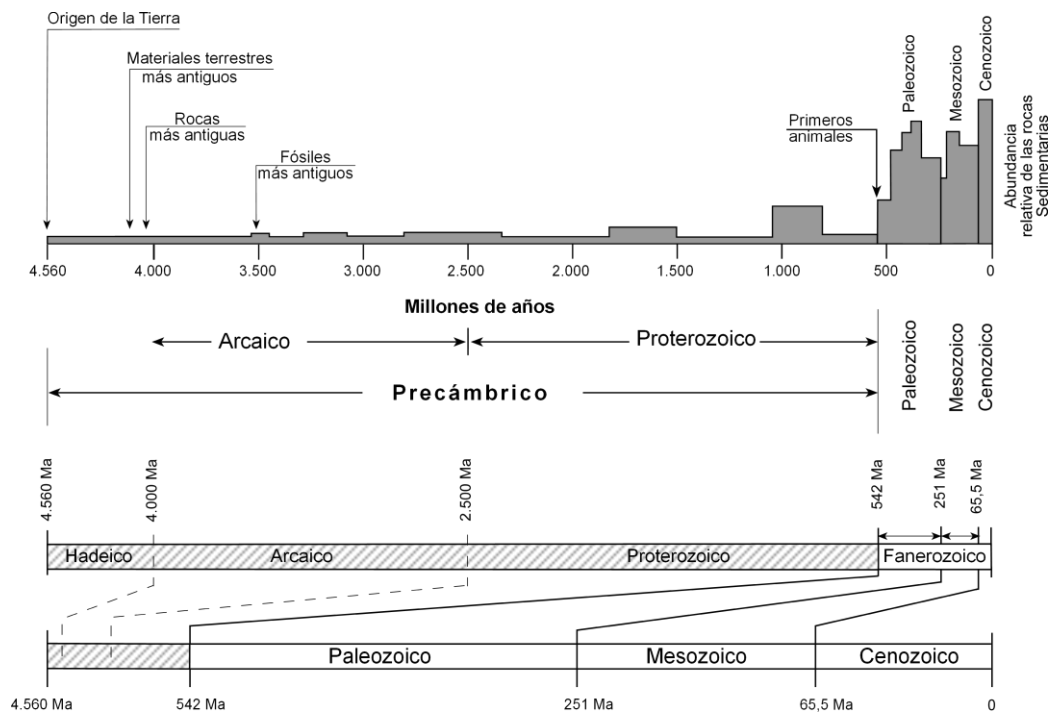


Fig. 1. Distribución de las rocas sedimentarias en el registro geológico. Representación gráfica y relación entre la extensión de los períodos del tiempo geológico y el grado de conocimiento existente sobre ellos (Bonito *et al.*, 2011).

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, educación para la ciudadanía (Vieira *et al.*, 2011). ¿Será pretensión de una sociedad ideal? o ¿Será una situación inevitable que surge de un cotidiano marcado por un referente matricial de cambio e incertidumbre? Este es un concepto que se refiere a los valores y se centra en el hombre, que está vinculado al mundo circundante, 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, se reconoce que la humanidad se enfrenta hoy con la búsqueda de respuestas para esta problemática, que deben ser encontradas rápidamente. Surgen intentos diferentes, desde la insistencia en un mayor desarrollo tecnológico hasta la necesidad de controlar el crecimiento económico. En la perspectiva de los autores, la razón profunda está en una actitud de ceguera liberal, que es responsable por una acumulación desenfrenada y desequilibrada de los ciclos naturales. 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 esta de manera indiscutible fracasada. Es que ni los recursos - renovables y no renovables - son ilimitados como ilustra su progresiva escasez, ni tan poco el futuro es infinito si este modelo de civilización continua a aumentar y a profundizarse: 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, para que los ciudadanos se den cuenta 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 comprehension, 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 DIDACTICOS

Esta sección presenta indicadores que surgen de la investigación relacionada con la percepción de los alumnos sobre el concepto de tiempo; se relata el proceso de elaboración de los materiales y son analizados 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 de 12-13 años de edad (Dodick y Orion, 2003; Trend, 2005), validada por un grupo de jueces, y aplicado 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 muestra las categorías de contenido de cada objetivo. El estudio principal se ha desarrollado con base en una muestra de 432 alumnos, distribuidos en 21 escuelas de educación pública del 3.º ciclo de educación básica en las regiones centro y norte de Portugal.

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 la	• La importancia del concepto de tiempo geológico

aprendizaje de la geología	
----------------------------	--

Tabla I – Objetivos y categorías de contenido del cuestionario.

Relativamente a 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) pone de manifiesto las dificultades de razonamiento temporal corto que implica 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.

Relativamente a 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 a 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 afecta 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. Desde el punto de vista

temporal, cuanto más lejos está un acontecimiento geológico, más difícil es de entender 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) de que a eventos que son más rápidos (por ejemplo, los terremotos); c) reconocen la importancia del tiempo geológico para la comprensión de los fenómenos y procesos geológicos; d) valorizan la importancia del concepto de tiempo geológico en la comprensión de los fenómenos geológicos que han ocurrido en el pasado en la Tierra (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 el acontecimiento de los eventos geológicos (terremotos, por ejemplo); e) tienen dificultades para comprender 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 permiten reconocer 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 orientado la elaboración de los materiales didácticos (Tabla II). Los materiales didácticos buscan responder a una cuestión orientadora general y está dividida en cinco temas. 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 información, interpretación de datos, debate/reflexión, entre otras).

Pregunta orientadora: ¿De que modo la interpretación de la historia de la Tierra puede ayudar a comprender el concepto de tiempo geológico?	
I – Tu historia... <i>¿Cuáles son los principales acontecimientos que enmarcan la historia de tu vida?</i>	II – La historia del Hombre... <i>¿Qué datos nos permiten contar la historia del Hombre?</i>
III – La historia de la Tierra y de la vida... <i>¿Qué evidencias hay para ayudarnos a contar la historia de la Tierra y de la vida?</i>	IV – El Hombre y la evolución del planeta Tierra... <i>¿De qué manera la interpretación de la historia de la Tierra nos puede ayudar a predecir su evolución?</i>
V – El tiempo de la conciencia en la evolución... <i>¿El Hombre sabrá habitar sabiamente el planeta Tierra?</i>	

Tabla II – Conceptos tópicos y preguntas que han orientado la elaboración de los materiales didácticos.

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

<i>Para ayudarte a contar la historia de tu vida, señala en el tiempo los acontecimientos que la han marcado. En el lado izquierdo indica los que tuvieron lugar en el entorno familiar y en el lado derecho los de nivel local, regional o global.</i>		
<i>Acontecimientos en el entorno familiar (ejemplo: tu nacimiento)</i>	...	<i>Acontecimientos de nivel local, regional o global (ejemplo: sismos)</i>
	1996	
	1997	
	...	
	2010	
	2011	

Tabla III – Ejemplo de la actividad del tema "Tu historia..." centrado en el alumno.

<i>Ahora necesitamos que nos ayudes a contar la historia de la vida de tu abuelo materno.</i> • <i>Haz una lista de los acontecimientos que sabes de la vida de tu abuelo.</i> • <i>¿Que dificultades has tenido durante la realización de la lista de los acontecimientos?</i> • <i>¿Que razones encuentras para explicar las dificultades mencionadas en la pregunta anterior?</i> • <i>¿Quién podría ayudarte a superar las dificultades diagnosticadas en la lista de los acontecimientos de la vida de tu abuelo? Justifica tu respuesta.</i>
<i>Te invitamos a que retrocedas un poco mas en el tiempo...</i> • <i>Respecto al abuelo de tu madre, que acontecimientos sabes que puedan ayudarte a contar la historia de su vida?</i> • <i>¿Cuales son los acontecimientos de la vida del abuelo de tu madre que conoces? ¿Como tuviste acceso a ellos?</i> • <i>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?</i> • <i>¿Qué dificultades crees que irías a encontrar en el acceso a la información necesaria para contar la historia de la vida del abuelo de tu madre? ¿Porqué?</i>

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

En el tema "La historia del Hombre...", se han propuesto actividades que han permitido al alumno comparar las diferentes escalas de tiempo (por ejemplo, la que se emplea en la historia del alumno y la utilizada en la historia del Hombre) 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 historia humana. Las actividades de la Tabla V presenta ejemplos de propuestas para este tema.

- Con base en 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 friso cronológico. ¿Qué puedes concluir?*
- *Señala los criterios utilizados para establecer la división de tiempo representado en el friso 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 del Hombre...”.

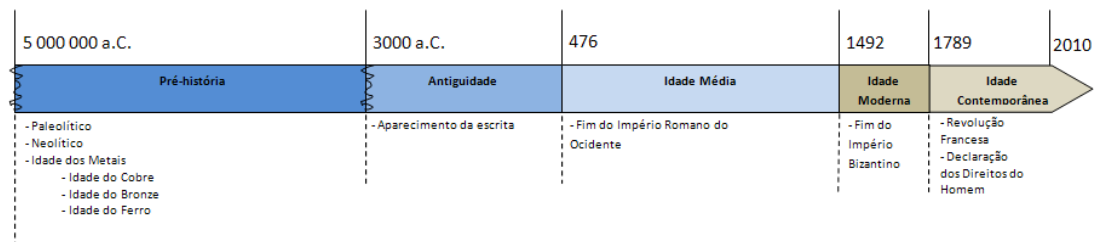


Fig. 2. Línea de tiempo: prehistoria y períodos de la historia.

Las actividades relativas al tema "La historia de la Tierra y de la vida..." permiten al alumno comparar las escalas de tiempo mencionadas anteriormente (las que se utilizan para contar la historia de la familia del alumno y la historia del Hombre), con la escala del tiempo geológico. Se discuten, también, los criterios utilizados en la elaboración de ésta última escala, así como se examinan las dificultades que enfrentan 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.

Hablar de millones de años en la historia de la Tierra y elaborar un tiempo anterior a la creación del Hombre fueron conquistas de la ciencia arduas y muchas veces trágicas en el dogmatismo religioso más extendido en 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 (Hadeico, 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...".

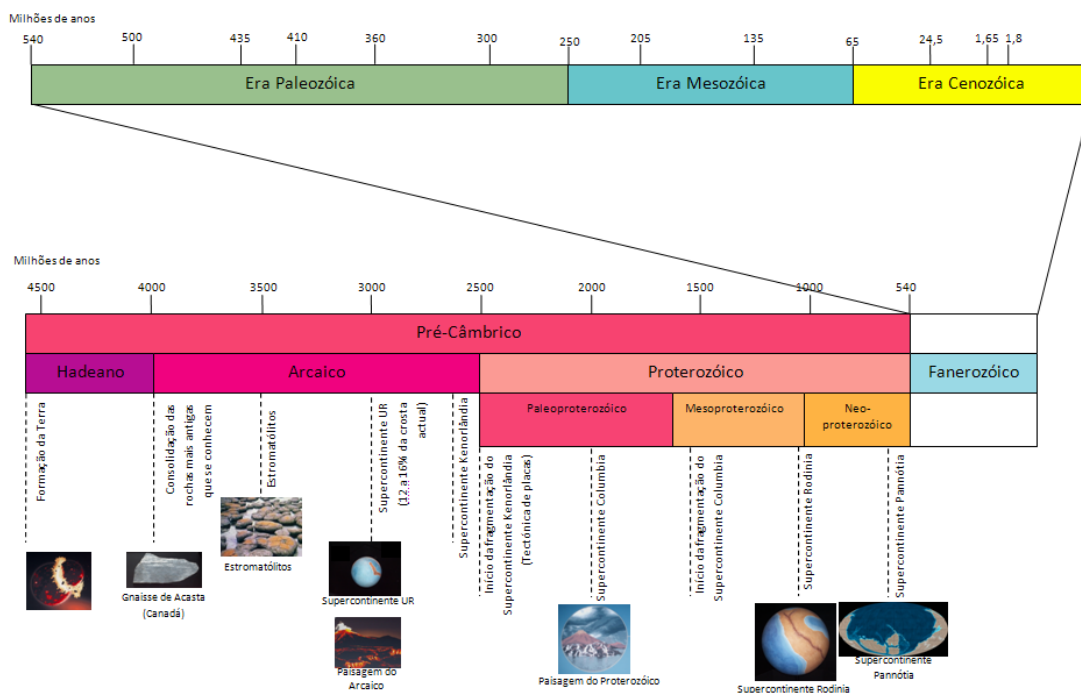


Fig. 3. Escala de tiempo geológico.

Los temas "El Hombre y la evolución del planeta Tierra..." y "El tiempo de la conciencia en la evolución...", proponen actividades que ayudan a los alumnos a reflexionar, por un lado, sobre las explicaciones que han sido propuestas por la comunidad científica para la evolución del planeta Tierra, en particular 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 alumno, comprendiendo el tiempo que algunos fenómenos de la naturaleza tardan para convertirse en perceptibles, podrá adoptar más conciencia de los comportamientos que dañan el medio ambiente, pudiendo tener consecuencias en la evolución futura del planeta Tierra y su sostenibilidad. La Tabla VII muestra algunas cuestiones con las que los alumnos fueron enfrentados al abordar el tema que articula el Hombre con la evolución del planeta.

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 puede 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 VIII expone un conjunto de preguntas orientadoras para un posible debate con los alumnos 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 dar tu contribución? ¿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. Ella está intrínsecamente volcada para la necesidad de los alumnos profundizaren 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 tardado cerca de 10 horas en el 7.º año y alrededor de 6 horas en el 12.º año de escolaridad en septiembre y octubre de 2010. Al final del proceso, los alumnos han preparado un texto sobre la historia del planeta Tierra. Los más jóvenes mostraron algunos problemas, especialmente en 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 Eras geológicas, fueron siempre citados, lo que revela la comprensión de que los principales 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.

Características de los materiales	Citaciones de respuestas de los alumnos
- Han sido variados y motivadores.	<i>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)</i>
- Han contribuido para la comprensión de la historia de la Tierra y del concepto de tiempo geológico.	<i>Aunque no sea fácil de comprender muchos conceptos de la historia de la vida y de la Tierra, al final de la actividad nos quedamos con una mejor</i>

	<i>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)</i>
- Han permitido la integración de diversos conceptos de distintas asignaturas.	<i>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)</i>
- Han promovido procesos de enseñanza y de aprendizaje variado.	<i>La diversificación de los métodos de aprendizaje hace que los alumnos se involucren cada vez más al tema. (Q17)</i>

Tabla IX – Características de los materiales según los alumnos.

Aquí hay que señalar un acontecimiento que merece una atención especial. Además de la exploración de los materiales curriculares, los alumnos de 17-18 años diseñaron y llevaron a cabo una exposición titulada “Diálogos con la Tierra”, abierto a la comunidad durante dos días. Este evento tuvo como objetivo sensibilizar la comunidad educativa para los principales aspectos geológicos, climáticos y biológicos que se han producido a lo largo de la historia la Tierra, y despertar a la necesidad de adoptar un papel más activo en la preservación del planeta. Fue construido un conjunto variado de maquetas que representaban los ambientes de cada Era geológica con información sobre los principales aspectos geológicos, climáticos y biológicos ocurridos. Varias actividades prácticas, tales como presentaciones de carteles, permitió que cientos de visitantes conocieron la secuencia temporal de los principales acontecimientos que se produjeron a lo largo de la historia la Tierra, y reflexionar sobre las condiciones que permitieron la evolución de la vida en la Tierra y el surgimiento del Hombre. A través de las maquetas y de las presentaciones realizadas por los alumnos, los visitantes también han podido tomar nota de las principales etapas de la evolución del Hombre y su

interferencia en los procesos que se han producido en el planeta.

Preguntas como, "Vamos a ser capaces de habitar la Tierra con sabiduría? y ¿Cómo podríamos garantizar la preservación del planeta para las generaciones futuras?" potenciaron las reflexiones hechas. Se puede inferir que han planteado un llamamiento a la ciudadanía de cada visitante, en el sentido de cada uno ser más activo e intervencionista en la preservación del planeta.

Desde la perspectiva de los autores, la aplicación de materiales didácticos contruidos 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 detrimento de otras actividades más reductoras. Se debe proporcionar un enfoque pluridimensional y multidisciplinar, donde los materiales didácticos contruidos deben ser un instrumento facilitador del pensamiento holístico y, simultáneamente, ser culturalmente enriquecedores. Se espera que este enfoque contribuirá también al desarrollo de una ciudadanía más activa y a la intervención en la preservación del planeta Tierra.

LA INVESTIGACIÓN Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES

La constitución del grupo de investigadores del proyecto pone de manifiesto la preocupación, de hecho, común en la literatura (Hammersley, 2002), al tratar de establecer un diálogo, sin duda difícil, entre la investigación educativa y la práctica lectiva.

Teniendo en cuenta los indicadores emergentes de las diferentes etapas de la investigación presentada (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), se consideró que la discusión, con los profesores, sobre todo este proceso podría ayudar a mejorar las prácticas lectivas.

Así, proponemos que la formación de profesores deberá lograr, también, 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 para al desarrollo de las competencias apropiadas a 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 la 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 reductoras. Se debe proporcionar un enfoque pluridimensional y multidisciplinar, en que los materiales didácticos elaborados deben ser un instrumento facilitador del pensamiento holístico y, simultáneamente, ser culturalmente enriquecedores. Se espera que este procedimiento también contribuya para el desarrollo de una ciudadanía más activa y para la intervención en la preservación del planeta Tierra.

Las posibilidades facultadas a los alumnos, sobre el pasado y el presente (por ejemplo; " ¿Vamos a ser capaces de habitar la Tierra con sabiduría? y ¿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 cada uno ser más activo e intervencionista en la preservación del planeta, garantizando la supervivencia de las generaciones futuras.

El alumno, el profesor y el ciudadano en general, comprendiendo el "tiempo" que algunos fenómenos de la naturaleza tardan para convertirse perceptibles, sea a una escala geológica o humana, podrá adoptar con más conciencia comportamientos que no dañan el medio ambiente, pudiendo tener efectos sobre la evolución futura del planeta Tierra y su sostenibilidad.

BIBLIOGRAFIA

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

Bonito, J. *et al.* (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.

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

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

Marques, L. *et al.* (2011). Deep time: from the complexity of the concept, to the implementation and assessment of curriculum materials, towards the development of citizenship. In *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. *et al.* (2010). O tempo geológico e a aprendizagem da geologia: concepções de alunos do 7.º ano do ensino básico (12-13 anos). In L. Alcalá y L. Mampel (Coords.) – *XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 197-204). Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel – Dinópolis, Teruel.

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.

Medina, J., Rebelo, D., Morgado, M., McDade, G., **Bonito, J.**, Martins, L., V., & Marques, L. (2013). Una contribución para la educación de la ciudadanía: el tiempo geológico. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 21(1), 38-47. [ISSN 1132-9157]

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