

LOS CONTENIDOS RELACIONADOS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS TEXTOS DE ESTUDIO, MÁS ALLÁ DEL MODELADO KÁRSTICO

Gracia Fernández Ferrer ¹, Francisco González García ² y Francisco Javier Carrillo Rosúa ²

¹CPR Valle Verde, Otivar, Granada. ² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada.

Resumen: En este trabajo se muestra el análisis de los contenidos sobre aguas subterráneas presentes en 18 textos de estudio del primer ciclo de educación secundaria. Se aprecian mejoras frente a ediciones anteriores, pero se detectan ausencias y errores en conceptos básicos para el estudio de las aguas subterráneas.

Abstract: In this work, we show the analysis of the contents presented on groundwater in 18 texts of study of the first cycle of secondary education. Next to improvements in previous editions, some absences and errors in basic concepts for the study of ground waters are detected.

Palabras clave: Enseñanza de las Ciencias Naturales, Análisis de Textos, Agua subterránea.

Key words: Natural sciences education, textbooks analysis, groundwater.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los textos en la enseñanza escolar de las ciencias está bien documentada y se considera un aspecto fundamental de la enseñanza (Otero y Campanario, 1990). En la enseñanza de las ciencias naturales son numerosos los estudios que han puesto de manifiesto la influencia de los libros de texto en los errores de los alumnos (Pozo y Gómez, 1998; Mills, 1993; Odom, 1993; González y Tamayo, 2000).

Estudios diversos muestran que los recursos didácticos, a lo largo de la educación obligatoria, están impregnados de ideas, esquemas y dibujos donde el agua subterránea es representada de modo similar a la superficial, con ríos y lagos, lo que contribuye a desarrollar una concepción errónea de ellas (Dickerson y Dawkins, 2004; Cortes y San Román, 2006). Particular atención se ha mostrado a las imágenes de los textos, en los que se presentan ilustraciones que refuerzan imágenes populares erróneas (Márquez, 2002; Calvo et al.,

2004). En relación a los contenidos conceptuales relacionados con la comprensión de las aguas subterráneas se han abordado conceptos como la circulación subterránea (Yus, 1994) y permeabilidad (Cortés, 2004, 2006). Márquez (2002), en su amplio estudio sobre el ciclo del agua, resalta que los alumnos tienen particular dificultad para considerar a los acuíferos como un reservorio de agua dentro de este ciclo. La relevancia de las aguas subterráneas y su papel en el abastecimiento general del país apenas es presentado en los libros de texto (Antoranz y Martínez, 2002).

En este trabajo abordamos el tratamiento de los contenidos más básicos relacionados con las aguas subterráneas en una muestra escogida de textos de estudio del primer ciclo de educación secundaria. Esta revisión pretende conocer el enfoque que actualmente se le está dando a las aguas subterráneas, si son tratadas, y en este caso, su importancia en relación a las aguas superficiales, si se las caracteriza exclusivamente en el sistema kárstico, las posibles ideas que puedan aparecer en relación al concepto de acuífero y nivel freático, y por último, la utilización de los términos de porosidad y permeabilidad.

METODOLOGÍA

Hemos procedido al análisis de 18 libros de texto, siendo 9 de 1º curso de ESO y 9 de 2º de ESO. La elección de estos ejemplares ha seguido criterios de prestigio y frecuencia en uso de las editoriales en el territorio de la comunidad autónoma andaluza, con sus diversos proyectos editoriales. Las editoriales y proyectos consultados, con su año de edición, han sido: Proyecto Exedra-Oxford (1º y 2º, 2002 y 2003, respectivamente), Grazalema-Santillana (1º y 2º, 2001 y 2003), Guadiel-Edebé (1º y 2º, ambos 2002), Proyecto Vulcano-Akal (1º y 2º, 2002), Aula Abierta-Anaya (1º y 2º, 2000), Proyecto Ecosfera-SM (1º y 2º, 2002 y 2003), Proyecto Explora-SM (1º y 2º, 2002 y 2003), Proyecto Ozono-SM (2º, 1997), Proyecto Naturalia-SM (1º, 2007), Proyecto Entorno-SM (1º, 2007), Proyecto Cosmos-SM (2º, 2001). Las ediciones están comprendidas entre el año 2000 y 2007, salvo una que es de 1997.

El análisis se ha realizado sobre el texto de tales ejemplares, teniendo en cuenta una serie de variables importantes para un correcto tratamiento del agua subterránea, a estas edades escolares. Estas variables derivan de un análisis disciplinar básico en los contenidos de geología (Fernández, 2007). Tales variables son las siguientes:

1. CANTIDAD DE TEXTO DEDICADO AL AGUA SUBTERRÁNEA: La cantidad de texto dedicado al agua subterránea nos va a dar una idea

de la importancia que le da la edición a este contenido en relación al resto de contenidos que aparecen en el tratamiento del ciclo del agua, localización habitual del tema durante el estudio en el primer ciclo de la secundaria obligatoria.

2. CONCEPTO DE ACUÍFERO: El concepto de acuífero es estudiado como concepto clave para entender el agua subterránea y una definición válida y acorde a los últimos conocimientos científicos es imprescindible para su correcta comprensión como reservorio de agua en la hidrosfera.

3. CONCEPTO DE NIVEL FREÁTICO: El concepto de nivel freático es estudiado porque consideramos que a la luz de los conocimientos científicos actuales es necesario introducirlo para la comprensión adecuada del agua subterránea como recurso natural.

4. UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO PERMEABILIDAD: El término permeabilidad está íntimamente relacionado con el flujo del agua subterránea y por ello imprescindible para entender la dinámica del agua dentro del acuífero.

5. UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO POROSIDAD: El término porosidad es fundamental para definir un acuífero.

6. TRATAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA SOLAMENTE CARACTERIZADA EN EL SISTEMA KÁRSTICO: el estudio de esta variable viene motivado por la carga histórica a la que este tema está sometido. El sistema kárstico es uno de los medios donde el agua subterránea hace una labor química característica y muy conocida popularmente. El hombre a lo largo de la historia ha estado vinculado a las cuevas a través de muy diferentes formas dependiendo del momento. Este fácil acceso al mundo subterráneo, le ha llevado a hacerse una idea de ríos y lagos subterráneos, que han favorecido la génesis de ideas erróneas. Hacer un estudio basado únicamente en tales tipos de acuíferos, da una idea muy pobre de lo que es la geología de las aguas subterráneas, y si no se trata adecuadamente provoca, inevitablemente la génesis de ideas erróneas.

Al analizar estas variables en los diferentes ejemplares, se han establecido, para cada una de ellas, unas categorías, en las cuales podemos clasificar, cada uno de los libros estudiados. Estas categorías, para cada variable, son expuestas a continuación.

1. Cantidad de texto dedicado al agua subterránea:

- No trata el tema del agua subterránea.
- Se dedica una frase u oración para hablar del agua subterránea.
- Se dedica un párrafo.
- Se dedica de dos a cuatro párrafos.
- Se dedica una página completa.

- Se dedica la mitad de la unidad didáctica, aproximadamente, conjuntamente con el agua superficial.

2. Concepto de acuífero:

- No utiliza el término y no da una definición.
- Se utiliza definiéndolo como una reserva o depósito de agua.
- Se utiliza definiéndolo como una roca saturada en agua sin hacer mención a un flujo subterráneo por lo que podríamos conceptualizarla como que el agua está estancada o inmóvil.
- Se utiliza definiéndolo como una capa freática formada por la acumulación del agua infiltrada en el subsuelo hasta encontrar una capa impermeable.
- Se utiliza la definición válida y aceptada por la comunidad científica (formación geológica con capacidad para contener y transmitir agua).

3. Concepto de nivel freático:

- No utiliza este término.
- Es definido como la superficie que separa la zona saturada en agua de la no saturada dentro de un acuífero.
- Es definido como la superficie de un acuífero.
- Es definido como el límite o nivel superior de la capa freática en un acuífero.
- Es definido como la altura que alcanza el agua subterránea en un acuífero.

4. Utilización del término permeabilidad: Sí se utiliza el término o no se utiliza el término.

5. Utilización del término porosidad: Sí utiliza el término o no se utiliza el término.

6. Tratamiento del agua subterránea solamente caracterizada en el sistema kárstico: Únicamente caracterizado en el karst o caracterizada de forma más general.

RESULTADOS

VARIABLE 1: CANTIDAD DE TEXTO DEDICADO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

	Número de Libros de Texto	PORCENTAJE
<i>No las trata</i>	1	5.5%
<i>Una frase</i>	2	11%
<i>Un párrafo</i>	1	5.5%
<i>Dos o cuatro párrafos</i>	6	33%
<i>Una página</i>	6	33%

<i>La mitad de la unidad didáctica</i>	2	11%
----------------------------------------	---	-----

Destacamos que dos de las ediciones estudiadas, dedican casi la mitad de la Unidad Didáctica al agua subterránea y que tales ediciones son del 2007 Este tratamiento se hace conjuntamente al agua superficial. Aun así, el número de páginas de dedicación al agua superficial es mayor, por lo que sigue dándose, una mayor importancia a esta última.

En relación a ediciones de años anteriores se percibe una mejora en cuanto a la cantidad de contenido dedicado. No obstante, esto no quiere decir que todos los libros vayan a llevar esta carga de contenido, otros textos analizados solo dedican un párrafo o una frase (16.5%). Lo más frecuente, constituyendo un 66%, es la dedicación de varios párrafos a una página dentro de las diferentes Unidades Didácticas. Si tenemos en cuenta que el dedicar una frase o un párrafo, no deja de ser anecdótico y muy poco importante, podríamos considerar de modo conjunto que casi la cuarta parte de los textos dedica un interés escaso al tema del agua subterránea.

VARIABLE 2. CONCEPTO DE ACUÍFERO:

	<i>Número de Libros de Texto</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>No utiliza</i>	4	22%
<i>Depósito o reserva</i>	7	39%
<i>Roca saturada</i>	6	33%
<i>Capa freática</i>	1	6%
<i>Formación geológica con capacidad para contener y transmitir agua</i>	0	0%

De los libros analizados cuatro no utilizan el término acuífero, uno de ellos no trata el agua subterránea en su contenido, en cambio los otros tres si lo hacen en extensiones diferentes, desde una frase a unos párrafos a una página.

El 39 % de los libros analizados utilizan el concepto de depósito o reserva de agua, independientemente de la roca que la alberga. Esta concepción es errónea ya que demuestra una confusión entre acuífero y agua que es capaz de contener y transmitir.

El 33% de los libros utilizan el concepto de roca saturada en agua. En este sentido, la concepción es adecuada en relación a que define un acuífero como una roca, la cual es más acertada que la concepción anterior y más cercana al concepto válido, esto es, al de material

geológico. No obstante, peca en el adjetivo, un acuífero es un material geológico con capacidad para contener y transmitir agua, lo cual no implica que la tenga. En todo caso, para el nivel educativo que se analiza podríamos aceptar esta primera aproximación haciendo resaltar la aclaración anterior, lo que subrayaría la posibilidad de agotamiento de los acuíferos.

Uno de los textos estudiados, habla de capa freática como sinónimo de acuífero, lo cual nos parece una concepción errónea.

El concepto más actualizado y válido no es utilizado por ninguno de los libros de texto analizados.

VARIABLE 3. CONCEPTO DE NIVEL FREÁTICO:

	<i>Número de Libros de Texto</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>No utiliza</i>	13	72%
<i>Superficie que separa la zona saturada de la zona no saturada del acuífero</i>	0	0%
<i>Superficie del acuífero</i>	1	6%
<i>Nivel superior de la capa freática o acuífero</i>	2	11%
<i>Altura que alcanza el agua en un acuífero</i>	2	11%

La mayor parte de los libros analizados no utiliza el concepto nivel freático. Un texto define nivel freático como superficie del acuífero, siendo esta apreciación errónea, ya que el concepto correcto está relacionado con el nivel del agua dentro del acuífero, no con el propio acuífero en sí. Además, este nivel puede sufrir oscilaciones en función de la recarga o descarga, y aún así el acuífero seguirá teniendo las mismas dimensiones.

Dos textos definen el término como nivel superior de la capa freática o acuífero. Estas apreciaciones de nivel superior de una capa freática, entendida como sinónimo de acuífero, o nivel superior de un acuífero no las podemos dar como válidas, por las mismas razones expuestas anteriormente. Otros dos de los libros estudiados relacionan el concepto de nivel freático con la altura que el agua alcanza en un acuífero, lo cual es una concepción válida al entenderlo como nivel que separa la superficie saturada de la no saturada.

VARIABLE 4. UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO DE PERMEABILIDAD:

	<i>Número de libros de texto</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>No lo utiliza</i>	12	67%
<i>Si lo utiliza</i>	6	33%

Únicamente el 33% de los libros analizados hacen referencia a la permeabilidad al tratar el agua subterránea.

VARIABLE 5. UTILIZACIÓN DEL TÉRMINO DE POROSIDAD:

	<i>Número de libros de texto</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>No lo utiliza</i>	10	56%
<i>Si lo utiliza</i>	8	44%

Prácticamente en la mitad de los libros analizados, durante el tratamiento del agua subterránea hacen mención de la porosidad, como condición para que exista.

VARIABLE 6. TRATAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA SOLAMENTE CARACTERIZADA EN EL SISTEMA KÁRSTICO.

	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>No caracterizada tan solo por el sistema kárstico.</i>	17	94%
<i>Caracterizada tan solo por el sistema kárstico.</i>	1	6%

En contra, de nuestra hipótesis de partida, en la gran mayoría de los libros estudiados, el agua subterránea se trata no únicamente caracterizada en el sistema kárstico. Aún así, hemos de decir, que aunque no ha sido motivo de nuestro estudio, en los dibujos e imágenes que aparecen en los libros estudiados, en muchos casos se representan cuevas con lagos de agua para ilustrar lo que serían las aguas subterráneas.

DISCUSIÓN E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Dado que en nuestro país el uso de libros de texto en la asignatura de ciencias de la naturaleza es el recurso más frecuente, a su vez realizado en los últimos años por las administraciones que suministra libros gratuitos a todo el alumnado. En este sentido en el próximo curso 2008/09 la gratuidad de libros de texto alcanzará al primer ciclo de ESO. Los autores de este material, debería hacer una reflexión sobre lo importante que es, un tratamiento adecuado, y no erróneo de los conceptos.

En su trabajo sobre el ciclo del agua, Márquez (2002) revisó 9 textos del primer ciclo de educación secundaria, publicados entre 1996 y 1997. Solo en uno de ellos se hacía referencia al concepto de roca permeable/impermeable y solo en 5 se citaba el concepto de acuífero. Percibimos, por tanto, una mejoría en el tratamiento global que del tema se realiza en los textos de estudio. La extensión que se dedica al tema de las aguas subterráneas en los textos recién editados en el 2007 nos parece pronosticar una mejora cuantitativa del tema y esperemos que cualitativa en ciertos aspectos.

Destacamos, por un lado, el tradicionalmente poco peso que se le da al agua subterránea dentro de los contenidos y en relación al ciclo del agua. Con Márquez (2002) hemos de resaltar que el agua subterránea supone el mayor reservorio de agua dulce continental, muy por encima de las aguas superficiales, y sin embargo el alumnado no la reconoce como elemento reservorio del ciclo del agua. En tal ausencia podemos encontrar a los textos como posibles causantes.

También apreciamos ausencias en el estudio de conceptos como porosidad y permeabilidad. Cortés (2004, 2006) ha descrito dificultades en la comprensión de la permeabilidad en niveles de enseñanza superior y posteriormente este mismo autor resalta los errores presentes en los textos de educación primaria al abordar este concepto.

Por otro lado hemos de hacer una llamada a subsanar las concepciones erróneas que observamos, cuando estas son tratadas. Un ejemplo, de estas es la concepción equivocada del término acuífero, que da una idea no acertada de lo que son las aguas subterráneas y su funcionamiento.

Pensamos, que sin unas concepciones acertadas, sin un estudio de la permeabilidad y porosidad, como propiedades importantes a tratar, es muy difícil que el alumnado adquiera un modelo adecuado del funcionamiento del ciclo del agua subterráneo. Si el profesorado, por su parte, no es consciente de estos errores, nos da una idea de un futuro, en el que seguirán las aguas subterráneas rodeadas de un

halo de misterio, y poco remedio se hará en relación a los problemas ambientales derivados de una explotación furtiva e insostenible.

En muchos casos los textos de enseñanza básica presentan alta resistencia a la modificación de esquemas y pueden repetir imágenes muy simplificadas. En el caso de las ilustraciones de los sistemas kársticos hemos apreciado esta tendencia, aunque por otro lado las aguas subterráneas ya no solo se caracterizan por este modelado. El cuidado en estas representaciones también es una tarea pendiente, pues con ellas se transmiten numerosas concepciones erróneas que mantienen visiones populares y fantásticas del tema (Bar, 1989; Dove et al., 1999; Ben-zvi-Assarf y Orion, 2005).

La notable necesidad de recurrir a las reservas subterráneas de agua para paliar los problemas de abastecimiento humano implica que este tema del agua subterránea no es baladí sino de gran importancia y debería tener un tratamiento adecuado y suficiente en la escuela obligatoria, si deseamos, no sólo el conocimiento, sino la concienciación adecuada de la población.

Sería importante, para futuras investigaciones, analizar las imágenes que acompañan las explicaciones textuales sobre el agua subterránea, los contenidos relacionados que se desprenden de las mismas y las propias relaciones imagen-texto. Será, así mismo, de interés indagar los modos de representación del movimiento del agua subterránea, su relación con las aguas superficiales, la representación de los materiales acuíferos e impermeables, el tiempo de residencia y el vocabulario utilizado. Este conjunto de indagaciones debería aplicarse a los textos de los dos ciclos de educación secundaria y bachillerato, con particular atención en los momentos en que las editoriales revisan sus contenidos de acuerdo a las nuevas prescripciones del currículum oficial.

BIBLIOGRAFÍA

ANTORANZ ONRUBIA M. A Y MARTÍNEZ GIL F. J. (2002). El agua y los ríos en el sistema educativo español. Congreso Internacional, sobre la gestión del Agua. Sevilla. http://alojamientos.us.es/ciberico/archivos_acrobat/sevillaponenatoranz.pdf

BAR, V. (1989) Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), pp: 481-500.

BEN-ZVI-ASSARF, O. Y ORION, N. (2005). A study of junior high students' perceptions of water cycle. *Journal of Geoscience Education*, 53, (4), pp: 366-373.

CALVO, J.M., CORTÉS, A.L. y MARTÍNEZ, M.B. (2004). Algunos problemas relacionados con las imágenes de Geología en los libros de texto de Primaria y Secundaria. *Geotemas*, 6 (4), pp: 13-15.

CORTÉS, A.L. (2004). Ideas sobre la permeabilidad en estudiantes de Magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), pp: 37-46

CORTÉS, A.L. (2006). Análisis de los contenidos sobre permeabilidad de los libros de texto de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Volumen 5, número 1.

CORTÉS, A L Y SAN ROMÁN, J. (2006). "Varias visiones en torno al Agua Subterránea". *Actas de los XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza. 13- 16 de Septiembre de 2006.

DICKERSON, D Y DAWKINS K. (2004). Eighth grade students' understandings of groundwater. *Journal of Geoscience Education*, 52 (2), pp: 178-181.

DOVE. J.E., EVERETT, L., AND PREECE, P.F.W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21 (5), pp: 485-497.

FERNÁNDEZ FERRER, G. (2007). El agua subterránea en la escuela: un estudio sobre el cambio de concepciones del alumnado. Trabajo de investigación Diploma de Estudios Avanzados (no publicado). Universidad de Granada. Granada.

GONZÁLEZ GARCÍA, F. Y TAMAYO HURTADO, M. (2000). Sobre el origen de los conocimientos previos en Biología: elementos comunes entre el alumnado y los libros de texto. *Revista Educación Universidad Granada*, 13, pp: 199-215.

MÁRQUEZ, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra, Marzo 2002. Barcelona.

MILLS, G.C. (1993). Origin of life and evolution in biology textbooks. A critique. *American Biology Teacher*, 55, pp:78-83.

ODOM, A.L. (1993). Action potentials and biology textbooks: accurate, misconceptions or avoidance?. *American Biology Teacher*, 55, pp: 468-472.

OTERO, J Y CAMPANARIO, J.M. (1990). Comprensión, evaluation and regulation in learning from science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp: 468-472.

POZO, J.I. Y GÓMEZ, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.

YUS R. (1994). Balsas de agua y ríos subterráneos. Representaciones de los alumnos sobre la circulación freática. Su

tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Vol.Extra*, pp.76-79. Septiembre 1994.