

Análisis de los contenidos sobre “permeabilidad” en los libros de texto de Educación Primaria

Ángel Luis Cortés Gracia

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza. San Juan Bosco, 7. 50009 Zaragoza. E-mail: acortes@unizar.es

Resumen: Tras la revisión de 12 colecciones completas de libros de texto de Educación Primaria (72 libros), tan sólo en 19 de ellos se han encontrado contenidos relacionados con el concepto de permeabilidad. El análisis de estos contenidos ha permitido identificar dos modelos conceptuales diferentes: 1) la permeabilidad es la capacidad de dejar pasar agua y 2) la permeabilidad es la capacidad de absorber agua, que coinciden con los detectados en un trabajo anterior en los estudiantes de magisterio. Algunos de los libros muestran errores y/o incoherencias tanto en las definiciones como en las explicaciones. La aplicación de un cuestionario de análisis pone de manifiesto además que sólo excepcionalmente se describen y explican los procesos que relacionan la permeabilidad con materiales y fenómenos de la vida cotidiana.

Palabras clave: Permeabilidad, análisis de contenidos, libros de texto, ideas alternativas

Title: Analysis of contents about “permeability” in Primary School Textbooks.

Summary: After the revision of 12 complete collections of Primary School textbooks (72 books), we only found 19 books containing information about permeability. The analysis of these contents allows us to identify two different conceptual models: 1) permeability as the capacity to permit the water going through, and 2) permeability as the capacity to absorb water. These models are similar to the conceptions shown by the students of a teacher training school. Some books show wrongs and non-consistent definitions and explanations. The application of a test for content analysis also indicates that textbooks hardly present descriptions and explanations about processes connecting the permeability concept to quotidian materials and phenomena.

Key words: Permeability, content analysis, textbooks, alternative conceptions

Introducción

En la investigación en Didáctica de las Ciencias existen pocos trabajos que se centren específicamente en el concepto de “permeabilidad”. Algunos de éstos lo hacen de forma explícita (Lillo, 1983, 1994, Phipps, 2002, Cortés,

2004) y otros de forma implícita (Yus Ramos, 1994). En algunos trabajos aparece este concepto relacionado con la ósmosis y la difusión celular en el marco de la enseñanza de la Biología (p.e. Zuckerman, 1994, Odom, 1995, Odom y Kelly, 2001).

El análisis de las ideas que presentan los estudiantes de magisterio sobre el concepto de permeabilidad (Cortés, 2004) refleja la existencia, en buena parte de los mismos, de concepciones alternativas alejadas de los referentes científicos. Un 40% de los estudiantes, ante un problema visual planteado en este trabajo, no responde correctamente a la pregunta ¿qué material es más permeable? Un 30% de los mismos no es capaz de formular una definición acertada del concepto, relacionando directamente, en la mayoría de estos casos, permeabilidad con absorción. En cuanto al contexto con el que asocian el concepto en la vida cotidiana, es decir, los materiales y fenómenos con los que está vinculado, la mayoría de los estudiantes relacionan la permeabilidad (o impermeabilidad) con una propiedad de los tejidos de uso cotidiano, en menor medida con los materiales y/o procesos geológicos y, escasamente, con elementos o procesos biológicos.

Según el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (R.A.E., 2001), permeable procede del latín *permeabilis*, penetrable, y hace referencia a aquello "que puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido". Permeabilidad, por tanto, es cualidad de permeable. En hidráulica, la Ley de Darcy define la permeabilidad o conductividad hidráulica (K) como la "capacidad de una roca para que un fluido fluya a través de ella" y se mide en *darcs* (que equivalen a la permeabilidad de un fluido de 1 *centipoise* de viscosidad que fluye a una velocidad de 1 *cm/s* a una presión de 1 *atm/cm*). Es decir, es la expresión de la facilidad con que un fluido atraviesa un material poroso y se puede calcular a partir del volumen de fluido que atraviesa una longitud de roca o suelo de sección constante en un tiempo dado. En general, en este contexto se habla de permeabilidad y circulación de aguas en medios saturados (con todos los poros llenos de agua) porque en determinados materiales esa circulación freática sólo se produce cuando las rocas y/o suelos tienen todos sus huecos repletos de agua y es entonces cuando se habla de conductividad hidráulica.

Alrededor del concepto citado se pueden distinguir dos categorías ontológicas (Chi et al., 1994; Prieto y Blanco, 1997): 1) la primera hace referencia a la materia (la permeabilidad es una propiedad de los materiales, más concretamente de los sólidos), y 2) la segunda hace referencia a un proceso (el paso del fluido a través del material permeable, que depende del resto de las propiedades del sólido y del fluido, así como del tiempo). En la figura 1 se muestra un esquema de un modelo conceptual de permeabilidad cercano a los referentes científicos. Dado que es un concepto que hace referencia a una propiedad, la permeabilidad aparece en diversos temas del currículum y, en algunos casos, es un concepto clave para entender otros conceptos y procesos relacionados que aparecen en los distintos niveles educativos: propiedades de los suelos y rocas, aguas subterráneas y

circulación freática, usos de los materiales, intercambios a nivel celular, nutrición, etc.



Figura 1.- Esquema conceptual del modelo de permeabilidad.

Así pues, frente a la acepción semántica (permeable hace referencia a aquello que puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido) o científica del concepto (permeabilidad es la capacidad de un material para que un fluido fluya a través del mismo), existen modelos alternativos del tipo “es más permeable aquel que más absorbe” o “permeabilidad es la capacidad de absorber (o de retener) el agua”.

¿Cómo influyen los libros de texto en la generación de ideas alternativas?

Aunque evidentemente no son las únicas causas, en la generación de concepciones alternativas durante la etapa de escolarización influyen tanto la experiencia cotidiana como el tratamiento de los conceptos en los libros de texto (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Las incorrecciones que aparecen en los libros de texto preuniversitarios, especialmente en Educación Primaria, podrían ayudar a explicar la existencia de algunos de los modelos alternativos que presentaban los estudiantes de magisterio, ya que constatan la existencia de una serie de ideas alternativas muy comunes en la sociedad en torno al concepto de permeabilidad.

A lo largo de la escolarización se llevan al aula materiales didácticos de diferentes procedencias como libros, materiales divulgativos, periódicos, internet, etc. (Prat e Izquierdo, 2000). En la etapa de Educación Primaria, el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene un apoyo fundamental, y en ocasiones exclusivo, en los libros de texto. La utilización de los mismos permite llevar al aula, más o menos transformados, el saber que producen los científicos (transposición didáctica, de Chevallard, 1998). No obstante, a pesar de que esas transformaciones y simplificaciones permiten acercar los contenidos científicos a un nivel de complejidad y abstracción más próximo al alumno, el resultado final no siempre es el esperado. La simplificación conceptual debería tener como objetivo facilitar la comprensión, haciendo lo posible por evitar las construcciones incorrectas. Por una parte, la concentración de información puede llevar a un aprendizaje memorístico (Prat e Izquierdo, 2000), por otra, una inadecuada transposición del saber también puede llegar a generar o reforzar modelos alternativos alejados de los aceptados por la comunidad científica (De la Gándara et al., 2002). Como indican Pozo y Gómez Crespo (1998), las presentaciones deformadas o simplificadas de ciertos conceptos dentro del contexto escolar conducen a una comprensión errónea de los mismos por parte de los alumnos que refleja simplemente la información recogida. Algunos autores no sólo constatan este hecho sino que a su vez plantean el aprovechamiento de estos errores e imprecisiones como un recurso didáctico a tener en cuenta por los profesores (Campanario, 2001, 2003).

En este trabajo se analizará el modelo que presentan distintos libros de texto de Educación Primaria sobre el concepto de "permeabilidad", así como los contenidos relacionados con el mismo. De esta manera, se pretende caracterizar, por un lado, las diferencias existentes entre el saber científico y el saber transformado que llega a las aulas de Primaria. Por otro lado, identificar los contextos en los que el concepto es utilizado dentro de los mismos libros. Una vez conocidos los modelos que aparecen en los textos, serán comparados con los que presentan los estudiantes de nivel universitario (Cortés, 2004).

Metodología

El análisis de los libros de texto puede enfocarse desde muy distintos puntos de vista (García Pascual, 1999, Jiménez Valladares, 2000), entre otros: el estilo (Strube, 1989), el contenido (Jiménez Aleixandre, 1994, Martínez Gracia, 2002), las exigencias cognitivas (Shayer y Adey, 1984), las ilustraciones (Constable et al., 1988, Martínez Peña y Gil Quílez, 2001), las actividades prácticas (García Barros y Martínez Losada, 2001), etc.

En este trabajo se ha realizado un análisis del contenido (especialmente del contenido conceptual) que aparece en los libros de texto de Educación Primaria acerca de la permeabilidad. Dado que este concepto no aparece claramente especificado en los temas propuestos en su día por la LOGSE dentro del marco curricular de la enseñanza primaria, nos encontramos con que este concepto puede aparecer, dependiendo de las editoriales, en cualquiera de los ciclos de Educación Primaria (especialmente en Segundo y Tercer Ciclo), en cualquier bloque de contenido o tema relacionado con el Conocimiento del Medio (más

comúnmente en *Los materiales y sus propiedades*) o simplemente, puede no aparecer a lo largo de la etapa.

Por ello, se han revisado libros de texto de algunas de las editoriales más distribuidas y utilizadas en España (12 colecciones distintas de 6 volúmenes cada una). Se han seleccionado 19 libros para su análisis, que son aquellos en los que aparecían contenidos relacionados con el concepto analizado, aunque no necesariamente debía aparecer ese término concreto (ver Anexo 1). De este modo, de un total de 72 libros se han rechazado 53 en los que no aparecía ningún contenido relacionado con la permeabilidad. Con el material seleccionado finalmente, se han realizado dos tipos de análisis:

- *Fase 1: Extracción de información relevante e identificación de modelos conceptuales.*

Un primer paso consistió en extraer la información más relevante de cada uno de los libros que han sido identificados por un número (ver Anexo 1), seleccionando párrafos y/o apartados, prestando especial atención tanto al modelo conceptual (permeabilidad, permeable, impermeable), como al fenómeno/s y material/es con los que aparece relacionado.

- *Fase 2: Diseño y aplicación de un cuestionario para el análisis de contenidos.*

En un segundo análisis se realizó un estudio del contenido siguiendo un modelo similar al utilizado por Martínez Gracia (2002), mediante la aplicación de un cuestionario específico sobre el tema, con distintas categorías y subcategorías.

A continuación se presentan detalladamente los apartados del cuestionario aplicado a los contenidos de los textos con las diferentes categorías y subcategorías de análisis.

1. *¿Aparecen explícitamente los términos: permeabilidad, permeable y/o impermeable?* SI (permeabilidad, permeable, impermeable, todos) / NO

Como no está especificado curricularmente, la permeabilidad es uno de los conceptos que pueden trabajarse dentro de distintos bloques de contenido. No es de esperar un tratamiento similar, por ejemplo, al de algunas propiedades de los materiales como el color, la masa, el volumen, la densidad, etc. Con esta cuestión se pretende averiguar, simplemente, si los libros de texto incluyen explícitamente estos términos (conceptos) en alguno de sus temas.

2. *¿Se definen los conceptos de permeabilidad, permeable y/o impermeable?* SI, es explícito / NO, pero se puede deducir la definición implícita / NO

Se trata de saber no sólo si citan el término sino también si definen el concepto, de forma explícita o implícita y, en caso afirmativo, cuál es la definición presentada.

3. *¿En qué contexto aparece?* los materiales y sus propiedades / el agua y el aire / rocas y suelos / otros

Se refiere a las Unidades Didácticas que se proponen en los libros de texto en relación con los Bloques de Contenido y Temas que marcaba la LOGSE.

4. *¿En qué parte del tema aparece?* en los aspectos teóricos / en los aspectos prácticos / en ambos

Dentro de un tema, los contenidos sobre permeabilidad pueden aparecer dentro de los aspectos teóricos, en las actividades prácticas o en ambos.

5. *¿Relaciona la permeabilidad con una propiedad de los materiales?* SI / NO

6.a. *¿Se asocia la permeabilidad a un material u objeto concreto?* SI / NO;
6.b. *¿se asocia con elementos del medio natural?* SI (rocas, suelos, arcilla, arena, otros) / NO; 6.c. *¿se asocia con materiales u objetos artificiales (manufacturados)?* SI (plástico, vidrio, tejidos s.l., algodón, esponja, otros) / NO

Dado que los contenidos sobre permeabilidad aparecen en distintos temas, con las cuestiones 5 y 6 se pretende conocer si se presenta la permeabilidad como una propiedad de los materiales y a qué materiales concretos se asocia.

7. *¿Se presenta alguna relación entre los conceptos y algún hecho o fenómeno de la vida cotidiana?* SI (penetración del agua en el suelo, absorción del agua, fabricación de ropa y/o paraguas, retención del agua y/o encharcamiento, filtración s.l., crecimiento de las plantas y/o cultivos, aguas subterráneas, otros) / NO

8. *¿Se describen procesos?* SI (¿cómo?) / NO

9. *¿Aparecen explicaciones sobre el fenómeno presentado?* SI (¿cuáles?) / NO

Con estas cuestiones se trata de averiguar el contexto en el que aparecen estos conceptos en relación con la vida cotidiana o si éstos se presentan de forma aislada como propiedades de materiales concretos sin una vinculación clara a ningún fenómeno determinado. Del mismo modo, si se describen los procesos concretos y si los autores dan explicaciones, más o menos razonadas, más allá de la simple descripción del proceso.

10. *¿Se proponen actividades para la comprensión del concepto?* SI (preguntas abiertas, actividades experimentales, otros) / NO

Se refiere a la existencia de otros contenidos diferentes de los estrictamente teóricos, como pueden ser preguntas abiertas o actividades experimentales. Puede tratarse también de actividades de relacionar términos o de rellenar huecos en las proposiciones.

Fase 1. Extracción de información relevante e identificación de modelos conceptuales

1. Resultados del análisis inicial

El primer paso del análisis de contenido consistió en la selección de apartados (bloques, temas) y párrafos concretos donde aparecía información sobre el concepto a estudiar. El volumen de información era muy variado, por ejemplo:

- Una frase suelta más o menos contextualizada dentro del tema *Las sustancias y sus propiedades*: "Hay materiales frágiles, como el cristal del faro, que se rompen fácilmente. Y materiales impermeables, como la botella de agua, que no deja que el agua la atravesase" (libro 5). En este caso, los autores hablan de una bicicleta que está formada por muchas piezas de distintos materiales, cada uno con sus propiedades.

- Explicaciones teóricas más o menos extensas y relación entre la permeabilidad y algunos fenómenos naturales en el tema *Las rocas y los suelos* (varios libros).

Tras la selección de los apartados, párrafos y actividades donde aparecen contenidos sobre permeabilidad, una primera lectura permite distinguir a grandes rasgos los diferentes modelos conceptuales que presentan los libros analizados. Se ha intentado destacar si trata el tema de forma implícita o explícita, el material o tipo de materiales y el hecho o fenómeno con los que aparece relacionado (ver Tabla 1):

a) Un primer grupo (7 libros) relaciona explícita o implícitamente la permeabilidad (o impermeabilidad) con la capacidad de algunos materiales de dejar pasar (o no) el agua a través de los mismos. En uno de estos casos (libro 11), los epígrafes del texto hacen referencia a las propiedades del agua. Dentro del tema *El agua y sus propiedades*, la permeabilidad aparece en el apartado *Propiedades del agua*, si bien luego el texto se refiere a una propiedad de los materiales ante el agua ("algunos materiales dejan pasar el agua, como la esponja, son permeables").

b) Un segundo grupo (5 libros) relaciona explícitamente la permeabilidad con la capacidad de retener el agua. Ahora bien, en tres de ellos (libros 2, 14a y 15) se hace referencia también a la capacidad de dejar pasar el agua, por lo que bien podrían ser incluidos en el grupo anterior. No obstante, los modelos presentados en éstos muestran algunos problemas (que serán comentados en el siguiente apartado) por lo que se ha decidido encuadrarlos en este grupo. Hay que destacar que tampoco existe un modelo claro en cuanto a la relación con la retención de agua, ya que, en unos casos hace referencia a la retención en la superficie (libros 7 y 12), en otros a la retención en el interior de los suelos (libros 2 y 14a) y en el otro no consta (libro 15). Por todos estos motivos, en el cuestionario posterior no se ha incluido específicamente una posible definición del tipo "permeable es el que retiene (o no retiene) agua".

c) Otro grupo (5 libros) relaciona directamente la permeabilidad con la capacidad de absorber agua. En el libro 17 aparece un caso similar al del libro 11: la permeabilidad aparece en el apartado *Propiedades del agua*, aunque al igual que en el otro caso citado, finalmente se hace referencia a una propiedad de los materiales (también pone el ejemplo de la esponja).

La permeabilidad o impermeabilidad es...	Material con el que se relaciona	Hecho o fenómeno con el que se relaciona	Referencia (curso)
a) Relacionan la permeabilidad (impermeabilidad) con la capacidad de dejar pasar (o no) el agua a través de los materiales			
una propiedad de algunos materiales "la capacidad de..."	plásticos	- paso del agua a través del material - ¿fabricación de prendas?	3 (5º EP)
una propiedad de los materiales "la capacidad de..."	botella	- paso del agua a través del material	6 (5º EP)
(una propiedad de algunos materiales) "la capacidad de..."	tejidos, plástico	- paso del agua a través del material - transporte de agua en distintos materiales - ¿construcción de una casa?	9 (3º EP)
(una propiedad de algunos materiales) "la capacidad de..."	plástico, tela	- paso del agua a través del material	10 (4º EP)
una propiedad del agua (una propiedad de algunos materiales) " la capacidad de..."	esponja, plástico, vidrio	- paso del agua a través del material	11 (4º EP)
una propiedad de los materiales "la capacidad de..."	plástico, lana, algodón	- paso del agua a través de las partículas del material	16 (6º EP)
una propiedad de los materiales "la capacidad de..."	plástico	- paso del agua a través del material	18a (4º EP)
b) Relacionan la permeabilidad (impermeabilidad) con la capacidad de retener el agua (dentro o fuera de los materiales)			
"la capacidad de..."	rocas, suelos	- paso del agua a través de las capas del suelo - acumulación de agua y formación de depósitos de aguas subterráneas	2 (4º EP)
(una propiedad de los suelos)	arcilla, suelos arcillosos	- retención del agua tras la lluvia	7 (6º EP)
no habla de permeabilidad como tal	arcilla, arena	- penetración del agua en los suelos, filtración - retención de agua, encharcamiento - desarrollo de la vida	12 (4º EP)
(una propiedad de los suelos) "la capacidad de..."	suelos	- paso del agua (humedad) - retención del agua (humedad) - ¿presencia de vegetación?	14a (4º EP)
(una propiedad del suelo) la capacidad de...	suelos	- penetración y paso del agua a través de los suelos - retención del agua - ¿presencia de vegetación?	15 (5º EP)

Tabla 1 (1).- Modelos sobre la permeabilidad que aparecen en los distintos textos analizados obtenidos tras la primera fase del análisis de contenidos (las referencias aparecen en el Anexo 1). Se han incluido los materiales y fenómenos con los que aparece asociado el concepto analizado en cada uno de los libros. Al pie de la tabla 1 (2) se muestran algunos ejemplos de las diversas formas en que se presentan los textos en cada caso.

d) En el último grupo se han incluido 4 libros en los que el modelo conceptual de permeabilidad no quedaba claro o en los que se intuye que el concepto está presente pero no especificado.

La permeabilidad o impermeabilidad es...	Material con el que se relaciona	Hecho o fenómeno con el que se relaciona	Referencia (curso)
c) Relacionan la permeabilidad con la capacidad de absorber agua			
(una propiedad de algunos materiales) "la capacidad de..."	tejidos, tiza, esponja, plástico, papel secante	- absorción de agua - ¿fabricación de prendas?	4 (3º EP)
(una propiedad de algunos cuerpos) "la capacidad de..."	algodón, plástico, cristal	- absorción de agua - paso del agua a través de los cuerpos - ¿fabricación de prendas?	8 (4º EP)
una propiedad de minerales y rocas "la capacidad de..."	minerales, rocas	- absorción del agua	14b (4º EP)
una propiedad del agua una propiedad de los materiales "la capacidad de..."	esponja, piedra, garbanzos, plástico	- paso del agua a través del material (en realidad sólo a través de su superficie) - absorción del agua	17 (3º EP)
(una propiedad de los materiales) "la capacidad de..."		- paso del agua - absorción del agua	18b (4º EP)
d) El concepto y los fenómenos relacionados aparecen poco claros			
una propiedad de algunos materiales	papel	- no consta	1 (3º EP)
(una propiedad de los suelos)	rocas, suelos	- ¿presencia de vegetación en los suelos?	5 (5º EP)
una propiedad de la materia (material)	cuero	- ¿fabricación de zapatos?	13 (5º EP)
no habla de permeabilidad como tal	tejidos	- ¿fabricación de prendas?	19 (2º EP)
<p>Textos en la primera columna: SIN COMILLAS, NI PARÉNTESIS: Es explícito.</p> <p>- Ejemplo 1, en el texto: Una de las principales propiedades de los plásticos es que son impermeables, es decir, no dejan pasar el agua. (libro 3) - Ejemplo 2, en el título del tema. Título: La materia y sus propiedades. Comportamiento de los materiales frente al agua. Texto: Según su comportamiento... los materiales se clasifican en permeables e impermeables. (libro 16)</p> <p>(ENTRE PARÉNTESIS): Lo dice de forma implícita.</p> <p>- Ejemplo 3: Hay cuerpos, como el algodón, que absorben y dejan pasar el agua. Son cuerpos permeables. Otros cuerpos, como el plástico y el cristal, son impermeables, es decir, no dejan pasar el agua. (libro 8) (Luego, consideran que la permeabilidad es una propiedad de algunos materiales).</p> <p>"ENTRE COMILLAS": Hace referencia a la definición implícita que se puede deducir.</p> <p>- Ejemplo 3: Hay cuerpos, como el algodón, que absorben y dejan pasar el agua. Son cuerpos permeables. Otros cuerpos, como el plástico y el cristal, son impermeables, es decir, no dejan pasar el agua. (libro 8) (En este caso, se deduce, por ejemplo, que la permeabilidad es la capacidad que tienen algunos cuerpos de absorber y dejar pasar el agua).</p>			

Tabla 1 (2).- Modelos sobre la permeabilidad que aparecen en los distintos textos analizados obtenidos tras la primera fase del análisis de contenidos (las referencias aparecen en el Anexo 1). Se han incluido los materiales y fenómenos con los que aparece asociado el concepto analizado en cada uno de los libros. Al pie de la tabla se muestran algunos ejemplos de las diversas formas en que se presentan los textos en cada caso.

2. Algunos problemas detectados en los ejemplos y las explicaciones

Aunque no es el tema más frecuente en el que se encuentran contenidos sobre permeabilidad en los textos de Educación Primaria (cuantitativamente aparecen más referencias dentro del tema *Los materiales y sus propiedades*), el contexto en el que aparece más volumen de contenidos, más actividades experimentales y explicaciones es en el tema *Rocas y suelos*, donde se relaciona la permeabilidad y los tipos de suelos, así como la vegetación que se puede desarrollar sobre éstos. En varios casos se han detectado problemas o incorrecciones ligadas al lenguaje utilizado, al modelo de permeabilidad presentado o a las deficientes explicaciones proporcionadas. A continuación se detallan, con ejemplos concretos, todas estas cuestiones.

2.a. Problemas detectados dentro del mismo libro de texto

Se han seleccionado tres ejemplos en los que se muestran prácticamente todos los contenidos existentes sobre permeabilidad en estos textos (destacados entre comillas) y se comentan los problemas que aparecen (o se pueden plantear) a partir de los mismos. En este apartado no se pretende todavía comparar el modelo de permeabilidad presentado frente a los referentes científicos, ni siquiera comparar los modelos de los libros entre sí. Simplemente, se destacan algunos problemas o dudas que podrían surgir en los profesores y/o alumnos tras la consulta de estos contenidos y se plantea una breve reflexión sobre cada uno de ellos.

- Ejemplo 1: Libro 12. 4º curso. Título: *Los suelos y el agua*

"El agua del suelo es imprescindible para la vida de los seres vivos. Pero el agua no penetra igual en todos los suelos. Compruébalo con el siguiente experimento:

Prepara tres mezclas de arcilla y arena: una con mucha arcilla, otra con mucha arena y otra con partes iguales de arcilla y arena. Coloca las mezclas en tres embudos tapados con algodón. Vierte un vaso de agua sobre cada uno de los embudos y observa el agua que filtra cada uno.

Comprobarás que las tres mezclas no filtran el agua de igual forma. En la Naturaleza es importante que el suelo retenga el agua, pero que no se encharque".

Aunque en este caso no se habla de permeabilidad como tal, el concepto permeabilidad de los suelos está implícito tras el modelo de filtración-retención de agua. En este caso, la conexión entre la introducción "el agua del suelo es imprescindible para la vida de los seres vivos" y la conclusión final "en la Naturaleza es importante que el suelo retenga el agua, pero que no se encharque" debería encontrarse en la actividad intermedia (o sería deseable que así fuera, ya que no aparecen más contenidos sobre el tema en el libro). Sin embargo, esa conclusión no se deduce del experimento y tampoco explica por qué es importante que los suelos retengan agua sin llegar a encharcarse. Menos aún explica por qué unos suelos la retienen y otros no, simplemente se limita a describir lo que debería observar el alumno (si el experimento está bien hecho por parte del mismo...): "comprobarás que las tres mezclas no

filtran el agua de igual forma”, sin que exista una reflexión posterior en el libro (suponemos que ésta debería surgir en el aula tras la realización del experimento, aunque no se indica).

- Ejemplo 2: Libro 14. 4º curso. Título: *El suelo*.

“Los suelos pueden ser fértiles o estériles. El suelo fértil es el adecuado para el crecimiento de las plantas. El suelo estéril no reúne condiciones para el crecimiento de las plantas.

Los suelos orgánicos son los que contienen restos de animales y plantas. Son muy fértiles porque retienen la humedad y poseen sustancias nutritivas.

Los suelos arcillosos son ricos en arcilla. Son impermeables, es decir, no dejan pasar la humedad. En ellos la vegetación es escasa.

Los suelos arenosos son ricos en arena. Suelen ser secos porque son muy permeables, es decir, no retienen la humedad. En este tipo de suelos la vegetación es escasa”.

Según el modelo presentado, impermeable significa que no deja pasar la humedad, frente a permeable, que no retiene la humedad. De esta manera, para definir dos conceptos opuestos no se emplean proposiciones opuestas (deja pasar/no deja pasar; retiene/no retiene), por lo que quizá se dificulta la comprensión por parte del lector. Tanto en los suelos arcillosos (impermeables) como en los arenosos (permeables) la vegetación es escasa, pero la causa no queda clara. Parece ser que está relacionado con la retención de humedad en el interior del suelo (aunque esto último no lo indica) y en el caso de los suelos orgánicos esa retención implica fertilidad, pero... ¿cómo son los suelos orgánicos, permeables o impermeables? Dado que retienen la humedad, los suelos orgánicos deberían ser no permeables, pero, si no son permeables ¿cómo entra dentro de ellos el agua que luego retienen? En este caso es difícil poner una de estas dos etiquetas porque sería incoherente con el resto del discurso presentado.

- Ejemplo 3: Libro 15. 5º curso. Título: *El suelo*.

“Según el componente que predomina en él, el suelo puede ser arcilloso, arenoso, calizo u orgánico.

El suelo arcilloso está formado por arcilla. Es impermeable, es decir, que el agua resbala por su superficie y no penetra en su interior. No es apto para el cultivo y sólo crecen en él algunos matorrales resistentes a la sequedad.

El suelo arenoso contiene fundamentalmente arena. Es muy permeable. El agua, al pasar, arrastra las sustancias nutritivas e impide que las raíces de las plantas las absorban. Es prácticamente estéril.

El suelo calizo, compuesto por caliza, también es permeable, aunque menos que el arenoso. Retiene algo de agua y permite el cultivo de secano.

El suelo orgánico está formado por materiales procedentes de la descomposición de los restos de animales y plantas. Este tipo de suelo es

bastante permeable y contiene materia orgánica. Debido a ello, resulta muy fértil”.

Según este libro, se podrían establecer varias categorías de suelos según su permeabilidad: impermeable, muy permeable, menos permeable, bastante permeable. Parece evidente que el suelo *muy permeable* tiene una permeabilidad mayor que el *permeable*, no quedando tan claro en el caso del *bastante permeable*. Las relaciones causales tampoco están claras. No es evidente la relación existente entre la fertilidad del suelo y la permeabilidad del mismo. Por ejemplo, el suelo orgánico ¿es muy fértil porque es bastante permeable, porque contiene materia orgánica o por ambas cosas? En cuanto a los suelos estériles o poco aptos para el cultivo, ¿lo son porque son permeables o porque son impermeables? En este caso, parece que el arcilloso no es apto porque el agua no penetra y el arenoso es estéril porque penetra demasiado.

2.b. Modelos explicativos contradictorios entre diferentes libros de texto

Las arcillas y los suelos arcillosos aparecen en varios libros como ejemplo de materiales impermeables. Sin embargo, los ejemplos y las escasas explicaciones propuestas no coinciden en todos ellos: en la mayoría de los casos no dan explicaciones y en aquellos en los que aparecen, o se pueden deducir, se encuentran modelos explicativos enfrentados entre sí:

- “Las rocas arcillosas son muy blandas e impermeables... Los suelos arcillosos son fértiles y apropiados para el cultivo” (libro 5, 5º curso). ¿Por qué son fértiles y apropiados para el cultivo, porque son blandos, porque son impermeables o por ambos?

- “Los suelos arcillosos son ricos en arcilla. Son impermeables, es decir, no dejan pasar la humedad. En ellos la vegetación es escasa” (libro 14, 4º curso). Este ejemplo contradice el anterior (libro 5), ¿por qué la vegetación es escasa en unos suelos que deberían ser fértiles y apropiados para el cultivo según el modelo anterior?

- “El suelo arcilloso está formado por arcilla. Es impermeable, es decir, que el agua resbala por su superficie y no penetra en su interior. No es apto para el cultivo y sólo crecen en él algunos matorrales resistentes a la sequedad” (libro 15, 5º curso). Este modelo sí es compatible con el segundo (libro 14) y contradice el modelo presentado en el libro 5.

Fase 2: aplicación del cuestionario para el análisis de contenidos

Tras la aplicación del cuestionario de análisis comentado anteriormente, se han realizado una valoración cuantitativa del tratamiento que recibe el concepto estudiado en los diferentes libros donde aparece (tabla 2).

A continuación comentaremos los resultados más significativos para cada uno de los ítems propuestos:

En relación al ítem 1, en la mayoría de los libros analizados (de un total de 19 libros) aparece, al menos, alguno de los términos señalados (17 casos),

siendo más frecuentes los términos permeable e impermeable, especialmente este último. Sólo en un caso aparece el término permeabilidad, acompañado de los anteriores.

En cuanto a la definición de los conceptos (ítem 2), sólo en un caso aparece una definición explícita, si bien en la mayoría de los otros (13 casos) se pueden deducir fácilmente las definiciones. El problema surge de la heterogeneidad de las definiciones y de los modelos conceptuales que se presentan. En muchas ocasiones (11 casos), permeabilidad e impermeabilidad hacen referencia, respectivamente, a la capacidad de dejar o no dejar pasar el agua a través de un material. En otros (3 casos) a la capacidad de absorber o no absorber el agua, y en otros (2 casos) mezclan ambas definiciones (permeable es el que absorbe agua y la deja pasar). Otras veces presentan definiciones diferentes o no equivalentes dentro de dos temas distintos en un mismo libro. Por ejemplo, haciendo referencia a un mismo término, en el libro 14 (referencia 14a) se puede leer que "permeable es el que no retiene la humedad"; y a su vez, en otro capítulo (referencia 14b) indican que "permeable es el que absorbe agua". Siguiendo con el ejemplo anterior, incluso dentro del mismo tema (14a) se indica que "impermeable es el que no deja pasar la humedad" frente a "permeable que es el que no retiene la humedad", cuando sería más sencillo utilizar o el paso o la retención del líquido para construir las correspondientes definiciones. Si a esto se une que capítulos más adelante se utiliza un término (concepto) diferente para redefinir permeable e impermeable (absorción) se encuentran tres posibilidades distintas para definir conceptualmente la permeabilidad y dos de ellas, retención y absorción, se alejan de los referentes científicos del concepto.

El contexto temático en el que aparecen los contenidos sobre permeabilidad (ítem 3) se concentra en tres bloques de contenidos (similares a los que proponía la LOGSE): *Los materiales y sus propiedades* (9 casos), *Rocas y suelos* (6 casos) y *El agua y el aire* (4 casos). Dentro de estos temas (ítem 4), los contenidos aparecen casi en la mitad de los libros (9 casos) como contenidos estrictamente teóricos, en 6 casos se combinan aspectos teóricos y prácticos, y en 4 casos se presentan contenidos únicamente prácticos.

En todos los libros analizados la permeabilidad es presentada como una propiedad de los materiales (ítem 5) y se asocia a ejemplos concretos (ítem 6), tanto naturales (6 casos) como artificiales (13 casos). Para los elementos del medio natural, los ejemplos hacen referencia siempre a rocas y suelos. En cuanto a los materiales artificiales (o manufacturados), el plástico es el material más citado como ejemplo de material impermeable (10 casos). En muchos de estos libros aparecen ilustraciones (fotos o dibujos de paraguas, chubasqueros, perfiles de suelos, etc.) para ejemplificar los materiales, pero nunca se ilustran los procesos.

La mayor parte de los libros de texto analizados (16 casos) asocian la permeabilidad a hechos o fenómenos de la vida cotidiana (ítem 7). Las analogías en torno a la cualidad de permeable suelen hacer referencia a hechos como la penetración del agua en el suelo (3 casos) o a la absorción del agua por parte de los materiales (3 casos), mientras que la impermeabilidad

suele estar ejemplificada con hechos como la fabricación de ropa y paraguas (5 casos) o con la retención de agua en los suelos (4 casos). Sin embargo, en muy pocos casos se describen los procesos (ítem 8, 4 casos) o se aportan explicaciones (ítem 9, 3 casos). Las descripciones y explicaciones citadas se pueden observar en la tabla 2.

En diez de los libros analizados se encuentran actividades diversas (ítem 10), bien como complemento de los contenidos teóricos, bien como únicos contenidos relacionados con el tema. Tan sólo en dos casos se plantean preguntas abiertas o problemas:

1) "Marco teórico: Cuando está húmeda, la arcilla es un material sólido, plástico, opaco, impermeable, de color variado...

Descubre lo que sabes: Los suelos arcillosos se caracterizan porque retienen mucho agua cuando llueve, y por esto se inundan ¿A qué crees que es debido?" (libro 7)

2) "Explica con que material harías un gorro de baño y por qué" (libro 19).

En seis casos se proponen actividades experimentales, por ejemplo:

"Actividades en grupo: Experimentamos con el plástico. Echad un poco de agua en un recipiente de plástico, ¿qué sucede?. Con las conclusiones... El plástico es un material... porque... pasar el agua" (libro 18).

Por último, encontramos otras actividades complementarias o de refuerzo a la teoría, por ejemplo (libro 16):

Marco teórico: La respuesta de los sólidos frente al agua depende de cómo se encuentran situadas las partículas que los forman.

Actividad. Confecciona una lista de cinco materiales que dejan pasar el agua y de cinco que no la dejan pasar.

Dejan pasar el agua: Lana. No dejan pasar el agua: Plástico.

Marco teórico: Según su comportamiento frente al agua, los materiales se clasifican en permeables e impermeables.

Los materiales permeables dejan pasar el agua a su través. La distancia que hay entre sus partículas permite el paso de las de agua. El algodón es un material permeable.

Los materiales impermeables, por el contrario, no permiten el paso de las partículas de agua. El plástico es un material impermeable."

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	TOTAL CITAS (N=19)
1. ¿Aparecen explícitamente los términos: permeabilidad, permeable y/o impermeable? <ul style="list-style-type: none"> • SI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 13 14 15 16 17 18 <ul style="list-style-type: none"> ○ permeabilidad ○ permeable 4 5 8 9 10 11 15 16 17 18 ○ impermeable 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 13 15 16 17 18 ○ todos 14 • NO (12) (19) 	17 0 10 16 1 2
2. a) ¿Se definen los conceptos de permeabilidad, permeable y/o impermeable? <ul style="list-style-type: none"> • SI 2 3 4 6 7 8 9 10 11 14 15 16 17 18 • NO 1 5 (12) 13 (19) 2. b) En caso de que se defina explícita o implícitamente, ¿cómo se define? <ul style="list-style-type: none"> • permeable es el que deja pasar el agua 9 10 11 15 16 17 • impermeable es el que no deja pasar el agua 2 3 6 8 9 10 11 15 16 17 18 • permeable es el que absorbe agua 4 14b 17 • impermeable es el que no absorbe agua 4 17 • permeable es el que absorbe agua y la deja pasar 8 18 • otros 7 14a 	14 5 6 11 3 2 2 2
3. ¿En qué contexto aparece? (puede aparecer en varios dentro del mismo libro) <ul style="list-style-type: none"> • los materiales y sus propiedades 1 3 4 6 11 13 16 17 18 • el agua y el aire 4 8 10 11 • rocas y suelos 2 5 7 (12) 14 15 • otros 9 (19) 	9 4 6 2
4. ¿En qué parte del tema aparece? <ul style="list-style-type: none"> • en los aspectos teóricos 3 4 5 6 8 9 11 13 15 • en los aspectos prácticos 1 (12) 17 (19) • en ambos 2 7 10 14 16 18 	9 4 6
5. ¿Relaciona la permeabilidad con una propiedad de los materiales? <ul style="list-style-type: none"> • SI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 (12) 13 14 15 16 17 18 (19) • NO 	19 0
6. a) ¿Se asocia la permeabilidad a un material u objeto concreto? <ul style="list-style-type: none"> • SI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 (12) 13 14 15 16 17 18 (19) • NO 6. b) ¿Se asocia con elementos del medio natural? <ul style="list-style-type: none"> • SI 2 5 7 (12) 14 15 <ul style="list-style-type: none"> ○ rocas 2 5 14 ○ suelos (12) 14 15 ○ arcilla 7 (12) 14 ○ arena (12) 14 ○ otros • NO 1 3 4 6 8 9 10 11 13 16 17 18 (19) 6. c) ¿Se asocia con materiales u objetos artificiales (manufacturados)? <ul style="list-style-type: none"> • SI 1 3 4 6 8 9 10 11 13 16 17 18 (19) <ul style="list-style-type: none"> ○ plástico 3 4 8 9 10 11 16 17 18 (19) ○ tejidos (s.l.) 9 10 16 (19) ○ vidrio 6 8 11 ○ esponja 4 11 17 ○ algodón 8 16 ○ otros 1 4 13 • NO 2 5 7 (12) 14 15 	19 0 6 3 3 3 2 0 13 13 10 4 3 3 2 3 6

Tabla 2 (1).- Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario citado en el texto (ítems 1 a 6). Junto a cada categoría y subcategoría de análisis se indica el número de referencia del libro en el que aparecen esos contenidos. Los libros 12 y 19 aparecen entre paréntesis ya que los textos no hacen referencia a la permeabilidad como tal.

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	TOTAL CITAS (N=19)
<p>7. ¿Se presenta alguna relación entre los conceptos y algún hecho o fenómeno de la vida cotidiana?</p> <ul style="list-style-type: none"> • SI 2 3 4 5 7 8 9 10 (12) 13 14 15 16 17 18 (19) <ul style="list-style-type: none"> ○ fabricación de ropa y paraguas 3 4 8 13 (19) ○ retención del agua, encharcamiento 2 7 14 15 ○ absorción del agua 4 17 18 ○ crecimiento de las plantas, cultivos 5 14 15 ○ penetración del agua en el suelo 2 (12) 15 ○ aguas subterráneas 2 ○ filtración (s.l.) (12) ○ otros 9 10 16 17 18 • NO 1 6 11 	16 5 4 3 3 1 1 5 3
<p>8. ¿Se describen procesos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • SI 2 4 15 16 <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿cómo? (*) • NO 1 3 5 6 7 8 9 10 11 (12) 13 14 17 18 (19) 	4 15
<p>9. ¿Aparecen explicaciones sobre el fenómeno presentado?</p> <ul style="list-style-type: none"> • SI 4 15 16 <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿cuáles? (**) • NO 1 2 3 5 6 7 8 9 10 11 (12) 13 14 17 18 (19) 	3 16
<p>10. ¿Se proponen actividades para la comprensión del concepto?</p> <ul style="list-style-type: none"> • SI 1 2 7 10 (12) 14 16 17 18 (19) <ul style="list-style-type: none"> ○ preguntas abiertas 7 (19) ○ actividades experimentales 2 10 (12) 14 17 18 ○ otros 1 16 18 (19) • NO 3 4 5 6 8 9 11 13 15 	10 2 6 4 9
<p>(*) Libro 2: "Las aguas subterráneas proceden de la lluvia. Cuando llueve, parte del agua de la lluvia que cae en el suelo penetra hacia el interior. Poco a poco llega hasta la capa profunda del suelo, formada por rocas. Si estas rocas son impermeables... ésta se acumula y forma depósitos de agua subterránea".</p> <p>Libro 4: "Cuando te pones ropa de lana o algodón y llueve te mojas mucho. Esta ropa seca se empapa... Otros materiales, como el plástico, no absorben el agua, resbala sin penetrar en ellos...".</p> <p>Libro 15: "...el agua resbala por su superficie y no penetra en su interior... El agua, al pasar, arrastra las sustancias nutritivas e impide que las raíces de las plantas las absorban".</p>	
<p>(**) Libro 4: "Cuando te pones ropa de lana o algodón y llueve te mojas mucho. Esta ropa seca se empapa porque absorbe el agua. El papel secante, la esponja y la tiza también absorben fácilmente el agua. Son materiales permeables. Otros materiales, como el plástico, no absorben el agua, resbala sin penetrar en ellos porque son impermeables. Aprovechamos estos materiales para fabricar paraguas y prendas para protegernos del agua".</p> <p>Libro 15: "El suelo arcilloso está formado por arcilla. Es impermeable, es decir, que el agua resbala por su superficie y no penetra en su interior... El suelo arenoso contiene fundamentalmente arena. Es muy permeable. El agua, al pasar, arrastra las sustancias nutritivas e impide que las raíces de las plantas las absorban".</p> <p>Libro 16: "La respuesta de los sólidos frente al agua depende de cómo se encuentran situadas las partículas que los forman. Según su comportamiento frente al agua, los materiales se clasifican en permeables e impermeables. Los materiales permeables dejan pasar el agua a su través. La distancia que hay entre sus partículas permite el paso de las de agua. El algodón es un material permeable. Los materiales impermeables, por el contrario, no permiten el paso de las partículas de agua. El plástico es un material impermeable".</p>	

Tabla 2 (2).- Resultados del análisis de contenidos obtenidos tras la aplicación del cuestionario mostrado en la tabla 2 (ítems 1 a 6). Junto a cada categoría y subcategoría de análisis se indica el número de referencia del libro en el que aparecen esos contenidos. Los libros 12 y 19 aparecen entre paréntesis ya que los textos no hacen referencia a la permeabilidad como tal. Al pie de la tabla se incluyen las descripciones y explicaciones a las que se hace referencia en los ítems 8 (*) y 9 (**).

Análisis comparativo entre los modelos de permeabilidad presentados por los estudiantes y los modelos que aparecen en los libros de texto.

Tras el análisis detallado de los contenidos que aparecen en los libros de texto, se ha procedido a realizar una comparación cuantitativa y cualitativa de los resultados obtenidos frente a los modelos que presentan los estudiantes de magisterio en un trabajo reciente (Cortés, 2004).

En dicho trabajo, los estudiantes se enfrentaban a un problema visual que servía como punto de partida para varias cuestiones (algunas de las cuales se podían responder al margen del problema planteado). De estas cuestiones se han seleccionado dos que se pueden comparar directamente con los ítems aplicados en el cuestionario de análisis de los libros de texto de Educación Primaria.

A los estudiantes se les planteaba:

- A1. *¿Cómo podrías definir la permeabilidad?*
- A2. *Busca alguna analogía de la vida cotidiana para ejemplificar el fenómeno o el concepto.*

En el caso de los libros de texto se planteaba lo siguiente:

- B1. *¿Se definen los conceptos de permeabilidad, permeable y/o impermeable? y, en caso afirmativo ¿cómo se define?*
- B2. *¿Se presenta alguna relación entre los conceptos y algún hecho o fenómeno de la vida cotidiana?*

En la pareja de cuestiones A1 y B1 se demanda una definición de permeabilidad. Aunque desde el punto de vista cuantitativo existen diferencias (tabla 3), cualitativamente los resultados son muy similares. Existen dos grandes tendencias (modelos) para definir la permeabilidad: el mayoritario (64% de los estudiantes y 58% de los libros) define la permeabilidad como la capacidad de un material para dejar pasar un líquido a través del mismo. El segundo modelo (28% de los estudiantes y 15% de los libros) considera que la permeabilidad es la capacidad que tiene un material para absorber agua (en algunos casos los estudiantes asocian absorber y retener en el interior). También hay un porcentaje significativo (8% de los estudiantes y 26% de los libros) que no presentan una definición clara de permeabilidad.

Definición	Estudiantes (Nº respuestas = 147)	Libros de texto (Nº libros = 19)
<i>Capacidad para dejar pasar...</i>	64%	57,9%
<i>Capacidad para absorber...</i>	28%	15,8%
<i>Otros / no consta</i>	8%	26,3%

Tabla 3.- Modelos conceptuales sobre la permeabilidad presentados por estudiantes de magisterio (Cortés, 2004) frente a los modelos que aparecen en los libros de texto analizados en este trabajo.

En el caso de la relación entre la permeabilidad y la vida cotidiana (cuestiones A2 y B2), existe más variabilidad desde el punto de vista estrictamente cuantitativo, debido en buena medida a que el número de ejemplos que se maneja es mayor, e incluso algunos estudiantes y algunos libros proporcionan más de un ejemplo relacionado con el tema (tabla 4). Así mismo, la correlación estadística entre los valores comparativos no es buena. Sin embargo, en una valoración cualitativa, los cuatro grandes grupos de ejemplos temáticos coinciden en ambos casos. Así, la mayor parte de los ejemplos (46% de los estudiantes y 20% de los libros) hacen referencia a la fabricación de prendas, paraguas, etc. que permiten o impiden el paso del agua. La retención del agua en los suelos y el encharcamiento de los mismos también son relacionados directamente con la permeabilidad en muchos casos (10% de los estudiantes y 16% de los libros). Como se ha comentado anteriormente, a veces se hace referencia a la retención en superficie (impermeables) y otras en el interior (¿permeables?). En relación directa con el ejemplo anterior, aunque no siempre está especificada esta relación, aparecen la existencia de aguas subterráneas (8% de los estudiantes y 16% de los libros) y los vínculos entre la permeabilidad de los suelos y el desarrollo de las plantas en éstos (7% de los estudiantes y 12% de los libros). También existe un número importante de ejemplos muy variados (hasta un 28% y un 36% del total, respectivamente) que relacionan la permeabilidad con esponjas, filtros y otros muchos materiales y fenómenos (papel, vidrio, etc.). Queda claro que los estudiantes, en su vida cotidiana, relacionan con más frecuencia la permeabilidad con las prendas de vestir (y la protección ante la lluvia) que con otros fenómenos naturales. En los libros de texto, sin embargo, los ejemplos no se centran tanto en este aspecto sino que aparecen en proporciones más cercanas a los que muestran su relación con los suelos, el desarrollo de las plantas en éstos, las aguas subterráneas, etc.

Ejemplos	Estudiantes (Nº ejemplos = 162)	Libros de texto (Nº ejemplos = 25)
Fabricación de prendas, paraguas, chubasqueros,...	46,3%	20%
Retención de agua, encharcamiento...	10,5%	16%
Aguas subterráneas, penetración en el suelo	8%	16%
Crecimiento de plantas, cultivos	6,8%	12%
Otros	28,4%	36%

Tabla 4.- Tipos de ejemplos aportados por los estudiantes de magisterio (Cortés, 2004) frente a los presentados en los libros de texto analizados.

Discusión: dos modelos conceptuales en torno a la permeabilidad

Tras el análisis de los resultados de este trabajo se observan dos modelos conceptuales distintos en torno a la "permeabilidad", tanto en los libros de texto como en las ideas de los estudiantes.

El modelo mayoritario (en torno al 60%) presenta la permeabilidad como una propiedad de los materiales consistente en la capacidad de los mismos para ser atravesados por un fluido. La mayoría de los mismos hacen referencia concretamente al agua como fluido y a la capacidad de dejar pasar o no la misma a través de los cuerpos. Así pues, este modelo, más o menos simplificado, no estaría demasiado alejado de los referentes científicos, si bien en los textos escolares se quedaría en un nivel meramente descriptivo. Solamente en uno de los libros analizados se profundiza en un nivel explicativo del concepto, planteando cómo son por dentro los materiales (a escala de partículas) y por qué el agua puede pasar o no a través de ellos. Dado el contexto en el que se planteaban las cuestiones, una definición simplificada pero coherente con la aceptada semántica y científicamente sería: la permeabilidad es la capacidad de algunos materiales para dejar pasar el agua (o un fluido) a través de los mismos.

Existe un segundo modelo conceptual, tanto en los libros como en los estudiantes, con un porcentaje muy significativo (en torno al 20%) que relaciona la permeabilidad con la capacidad de absorción de los cuerpos. El concepto "absorción" implica que un fluido entra en el material debido a la atracción que ejerce el cuerpo absorbente. Aunque permeabilidad y absorción son dos conceptos que a veces están claramente ligados entre sí en la vida cotidiana, son independientes el uno del otro. Es decir, un material permeable no tiene porque ser absorbente (simplemente deja pasar el agua, no la atrae hacia su interior), aunque un material absorbente si debería presentar, al menos, una superficie externa permeable. A veces, estos conceptos son difíciles de diferenciar ya que, por ejemplo, se observa que el agua se filtra en el suelo a través de la superficie, pero no es fácil observar lo que ocurre en el interior: ¿el agua sigue su descenso o se queda justo debajo de la superficie? ¿ha sido absorbida por el suelo o éste ha actuado como un filtro pasivo? En hidráulica se habla de permeabilidad y circulación de aguas en medios saturados (con todos los poros llenos de agua) porque en determinados materiales esa circulación freática sólo se produce cuando las rocas y/o suelos tienen todos sus huecos repletos de agua y es entonces cuando se habla de conductividad hidráulica.

Aunque la idea de retención de agua aparece en varios libros y en algunos estudiantes, se ha considerado que no constituye en sí misma un modelo conceptual diferente de los anteriores. En varios casos es una idea que se añade al modelo de paso de agua o de absorción como resultado final del proceso: 1) no deja pasar el agua, por tanto, queda retenida en la superficie (suelos arcillosos) o 2) absorbe el agua y la retiene en su interior (esponja).

Un ejemplo de la vida cotidiana utilizado en varios libros y citado por algunos estudiantes y donde pueden aparecer conflictos entre los modelos de permeabilidad y absorción sería el de *la esponja*. Si se echa agua sobre una esponja seca, el agua será absorbida parcial o totalmente por la esponja (tampoco es necesario echar el agua, sino simplemente dejar la esponja sobre el agua). Si no se ejerce ninguna fuerza externa capaz de comprimir la estructura interna de la esponja (es decir, si no se exprime o escurre la

esponja), en principio, el agua quedará retenida en el interior de la misma. De esta manera, la esponja puede absorber agua hasta que todos sus poros queden completamente llenos de líquido. En este caso, se podría decir que, al menos la superficie de la esponja es permeable, ya que ha dejado pasar el agua (lo que pasa en el interior no se puede ver). Una vez saturada de agua (todos sus poros están repletos de líquido), si se sigue echando agua sobre la esponja, ésta se comportará como un material totalmente permeable (saldrá tanta agua como entre). Si se deja de echar agua, en un periodo corto de tiempo (sin tener en cuenta otros fenómenos como la evaporación) el agua contenida en el interior de la esponja sólo saldrá de ésta cuando sea apretada para reducir los huecos que la contienen (ya que se estará reduciendo la porosidad efectiva de la esponja), por lo tanto, su cualidad de permeable no es tan evidente.

Consideraciones finales

Los contenidos sobre permeabilidad que aparecen en los libros de texto de Educación Primaria son muy diversos y en algunas editoriales ni siquiera aparecen. De 72 libros analizados (12 colecciones de 6 volúmenes), tan sólo en 19 (Anexo 1) aparecen contenidos relacionados con la permeabilidad, concentrados en el segundo y tercer ciclo de Primaria. Probablemente, al no estar especificado en los planes de estudio de esta etapa, queda en manos de autores y editores el incluirlo o no en los textos escolares, si bien luego es utilizado a un nivel mucho más complejo en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato por la práctica totalidad de las editoriales en asignaturas como Biología y Geología o Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Es extraño que un concepto fundamental para entender posteriormente fenómenos como el comportamiento de diversos materiales, la penetración del agua en los suelos, la existencia y circulación de agua en el subsuelo, la entrada y salida de nutrientes en las células, por citar algunos ejemplos, no merezca un tratamiento más riguroso en los primeros niveles educativos.

Aunque en los libros de texto de Educación Primaria suelen predominar las descripciones y definiciones, en algunos casos no aparecen definiciones del concepto que, sin embargo, es presentado como una propiedad característica de algunos materiales de uso cotidiano allí mostrados: *deja pasar el agua porque es permeable*. En estos casos, los autores deben suponer que cualquier niña o niño de Primaria conoce el significado del término permeabilidad aunque éste no haya aparecido nunca en su formación escolar previa. En los casos en que aparece una definición del concepto o se puede deducir la misma, se han detectado dos modelos conceptuales diferentes que coinciden con los que muestran los estudiantes de nivel universitario. Así mismo, las conexiones entre la permeabilidad y los materiales y fenómenos de la vida cotidiana que presentan tanto los libros como los estudiantes son también muy similares. En esta etapa no se profundiza en el nivel explicativo y el concepto de permeabilidad aparece así como una propiedad más de algunos materiales sin entrar en otras cuestiones que probablemente requerirían una explicación, lo

que puede dar lugar a la aparición de tautologías: *es permeable porque deja pasar el agua, luego, ¿por qué deja pasar el agua?... porque es permeable.*

No se pretende decir con esto que los libros de texto sean los únicos responsables de las ideas alternativas de los estudiantes sino simplemente se destaca una realidad existente en la sociedad. Así pues, existen dos modelos conceptuales distintos, el primero más cercano a los referentes científicos (permeable es el que deja pasar el agua) y un segundo modelo alternativo (permeable es el que absorbe el agua). Ante esta realidad y el escaso tratamiento del tema en los libros de texto, no es de extrañar que estos dos modelos se vayan perpetuando a lo largo de los años (el trabajo parte del análisis de libros desde el año 1993), ya que los maestros en formación (los que respondieron al cuestionario del trabajo anteriormente citado) estudiaron con estos libros y muchos de estos libros son y serán escritos por maestros. De esta manera, la existencia de incorrecciones en los libros de texto podría llevar a generar o reforzar ideas alternativas en los estudiantes de los primeros niveles educativos. Como tampoco hay lugar (ni contenidos) para la explicación o la reflexión, el concepto puede quedar como una etiqueta más de las que aparecen en los libros de texto.

Queda en manos del maestro explicar o hacer reflexionar sobre algo que, en ocasiones, apenas ocupa una sola frase de un libro de texto en toda una etapa educativa: "el cuero es flexible e impermeable, por eso se utiliza para fabricar zapatos" (única referencia al concepto analizado encontrada en los seis volúmenes de la colección de una editorial). Con esa información como único referente para la etapa de Educación Primaria, el modelo de permeabilidad va a depender fuertemente de los conocimientos previos de los profesores y estudiantes y de lo que se pueda construir (reconstruir) en el contexto extraescolar. En algunos casos, una vez asentadas estas ideas alternativas, difícilmente se producirá una evolución de las mismas, ya que, dependiendo de las vías educativas que sigan en un futuro, nunca más volverán a trabajar el concepto en los contextos escolares. En el caso de que el concepto vuelva a aparecer en Secundaria y/o Bachillerato se podría plantear la siguiente cuestión: ¿cómo se puede superar el salto conceptual existente entre la frase citada anteriormente y el papel de la permeabilidad en los procesos de circulación freática o en la ósmosis?

Agradecimientos

El autor agradece los comentarios y sugerencias de M^a José Gil y Begoña Martínez durante la elaboración del manuscrito original. También agradece los comentarios y recomendaciones de dos evaluadores anónimos y del editor de la revista. Este artículo ha sido realizado dentro de las líneas de trabajo del grupo de investigación BEAGLE de la Universidad de Zaragoza.

Referencias bibliográficas

Campanario, J.M. (2001). ¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 351-364.

Campanario, J.M. (2003). De la necesidad virtud: Cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 161-172.

Chevallard, Y. (1998). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.

Chi, M.T.H., Slotta, J. y Leeuw, W. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4 (1), 27-43.

Constable, H., Campbell, B. y Brown, R. (1988). Sectional drawings from science textbooks: an experimental investigation into pupils' understanding. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 89-102.

Cortés, A.L. (2004). Ideas sobre la permeabilidad en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 22 (1), 37-46.

De la Gándara, M., Gil Quílez, M.J. y Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de adaptación biológica al modelo de adaptación biológica en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 303-314.

García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2003). Análisis del trabajo práctico en textos escolares de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra 2003, 5-16.

García Pascual, E. (1999). Setenta y seis propuestas para el análisis de materiales curriculares, especialmente libros de texto. *Anuario de Pedagogía, Universidad de Zaragoza*, 1, 175-215.

Jiménez Aleixandre, M.P. (1994). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 519-535.

Jiménez Valladares, J.D. (2000). Análisis de los libros de texto. En F.J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 307-322). Alcoy: Marfil.

Lillo, J. (1983). Como fomentar los principios de actividad y creatividad al aplicar el método científico en la escuela. Un ejemplo para la formación de maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 1983, 193-197.

Lillo, J. (1994). Los trabajos prácticos de Ciencias Naturales como actividad reflexiva, crítica y creativa. Un ejemplo sobre la permeabilidad del suelo. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1 (2), 47-56.

Martínez Gracia, M.V. (2002). *Análisis del contenido de genética en textos de educación no universitaria*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.

Martínez Peña, B. y Gil Quílez, M.J. (2001). The importance of images in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 23 (11), 1125-1135.

Odom, A. L. (1995). Secondary and college biology students' misconceptions about diffusion and osmosis. *American Biology Teacher*, 57 (7), 409-15.

Odom, A.L. y Kelly, P.V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education*, 85 (6), 615-635.

Phipps, R. (2002). Let's have a night on the tiles: investigating permeability of rocks to water using two different experiments. *Primary Maths and Science*, 40, 37-41.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1997). ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de la ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. En L. Del Carmen (Coord.), *La enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en educación secundaria* (pp. 73-105). Cuadernos de Formación del Profesorado, 9. Barcelona: ICE Universitat de Barcelona – Horsori.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Prat, A. e Izquierdo, M. (2000). Función del texto escrito en la construcción de conocimientos y en el desarrollo de habilidades. En J. Jorba, I. Gómez y A. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares* (pp. 73-112). Madrid: ICE Universitat Autònoma de Barcelona – Ed. Síntesis.

Prieto, T. y Blanco, A. (1997). *Las concepciones de los alumnos y la investigación en Didáctica de las Ciencias*. Colección Estudios y Ensayos. Málaga: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga – Centro de Profesores de Málaga.

Shayer, M. y Adey, P. (1984). *La ciencia de enseñar ciencias*. Madrid: Narcea.

Strube, P. (1989). The notion of style in physics textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 777-779.

Real Academia Española (2001). *Diccionario de la Lengua Española*, 22ª edición. Madrid: Espasa.

Yus Ramos, 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 1994, 76-79.

Zuckerman, J.T. (1994). Problem solvers' conceptions about osmosis. *American Biology Teacher*, 56, 22-25.

ANEXO 1: Libros de texto seleccionados y número de referencia con el que aparecen a lo largo del trabajo.

(1) Cerezo, J.M., Sánchez Ludeña, E., Abad, J. y Hernando, F. (1993). *Conocimiento del Medio (Volumen: La Tierra y el Agua), 3º Educación Primaria*. Madrid: Santillana.

(2) Zarzuelo, C., Espino, O., Siles, M.I. y Matesanz, J. (2001). *Conocimiento del Medio (Aragón), 4º Educación Primaria*. Madrid: Santillana (Colección: Entre amigos).

(3) Zarzuelo, C., Perales, A., García, F., Matesanz, J. e Iguacén, A. (2002). *Conocimiento del Medio (Aragón), 5º Educación Primaria*. Madrid: Santillana (Colección: Entre amigos).

(4) Sarrión, J., Sánchez, R. y Pinto D. (1993). *Conocimiento del Medio, 3º Educación Primaria*. Zaragoza: Edelvives.

(5) Bueno, S., Fernández, C., García, S., Lozano, B., Pinto, E. y de la Vega, P. (1994). *Conocimiento del Medio, 5º Educación Primaria*. Zaragoza: Edelvives.

(6) Pérez Alberti, A., Castro, A., Mesejo, C., Piñeiro, M.R., Pérez Álvarez, A. y Álvarez, A.J. (1994) *Conocimiento del Medio (Aragón), 5º Educación Primaria*. Madrid: Anaya.

(7) Brotons, J.R., Gómez, R. y Valbuena, R. (1995) *Conocimiento del Medio, 6º Educación Primaria*. Madrid: Anaya.

(8) Escolano, A., García, J., Holgado, M.A., Pineda, J.M., del Val, M.A., García, M. y Gatell, C. (1993). *Conocimiento del Medio (Aragón), 4º Educación Primaria*. Barcelona: Vicens Vives.

(9) Batllorí, R., Espinet, M., Franch, J., Gavaldà, A., Mollà, J., Pagès, J. y Santisteban, J. (1993). *Enclave. Conocimiento del Medio, 3º Educación Primaria*. Madrid: Bruño.

(10) Cintas, R. y Varo, R. (1993). *Conocimiento del Medio, 4º Educación Primaria*. Madrid: Alhambra Longman (Proyecto Albanta).

(11) Castellanos, A., Castellanos, J., Fariñas, D., Martínez, B., Medina, M.L., Pérez, E. y Sesmero, E. (1993). *Conocimiento del Medio (Aragón), 4º Educación Primaria*. Madrid: SM.

(12) Pastor Fernández, A., Ruiz, F. y Antoranz, M.A. (2001). *Conocimiento del Medio, 4º Educación Primaria*. Madrid: SM (Proyecto Tierra).

(13) Pastor Fernández, A., Ruiz, F. y Antoranz, M.A. (2002). *Conocimiento del Medio, 5º Educación Primaria*. Madrid: SM (Proyecto Mundo para todos).

(14) Escribano, E., García, J., Gil, J.R., Martí, A. y Otón, J. (1993). *Conocimiento del Medio, 4º Educación Primaria*. Barcelona: Edebé.

(15) Orpinell, M.A., Otón, J., Palau, N., Rodríguez, B., Soriano, X. y Vargas, C. (1994). *Conocimiento del Medio (Aragón), 5º Educación Primaria*. Barcelona: Edebé.

(16) Orpinell, M.A., Otón, J., Palau, N., Rodríguez, B., Soriano, X. y Vargas, C. (1995). *Conocimiento del Medio (Aragón), 6º Educación Primaria*. Barcelona: Edebé.

(17) Jiménez, E. y T. Blázquez (1993). *Conocimiento del Medio, 3º Educación Primaria*. León: Everest (Proyecto Trineo, Equipo Cauria).

(18) Jiménez, E. y T. Blázquez (1993). *Conocimiento del Medio, 4º Educación Primaria*. León: Everest (Proyecto Trineo, Equipo Cauria).

(19) Zarzuelo, C. y Espino, O. (2000). *Conocimiento del Medio, 2º Educación Primaria*. Madrid: Santillana.