

# EXPERIENCIAS E IDEAS PARA EL AULA

## EL CICLO DEL AGUA EN UNA GARRAFA

### *The water cycle in a bottle*

M<sup>a</sup> Roser Nebot Castelló (\*)

#### RESUMEN

*En este artículo se discuten algunos de los principales problemas relacionados con la concepción y estudio del ciclo del agua. Se describe una maqueta que fabrican los alumnos y que se utiliza para estudiar el concepto cuenca hidrogeológica, así como la dinámica de los procesos implicados en el ciclo del agua. En la actividad se hace hincapié en el estudio de las aguas subterráneas con una serie de actividades y prácticas complementarias que permiten que los alumnos aprendan de una manera significativa. A continuación, se detallan las actividades previas, la actividad central que es la construcción de la maqueta en la que se utiliza una garrafa para simular la cuenca, las prácticas complementarias y los ejercicios de aplicación. Finalmente, hay una reflexión sobre los resultados.*

#### ABSTRACT

*In this article some of the main problems related with the conception and study of the water cycle are described. The students make a scale model to study the hydrogeological basins and the water cycle processes dynamics. In this activity the students learn in a significant way. The didactic sequence has a central activity (the model), other complementary hands-on activities, previous questions and application exercises. Finally, the results obtained are explained.*

**Palabras clave:** *cuenca hidrogeològica, acuífero, nivel freático, sobreexplotación, contaminación, intrusión marina, permeabilidad*

**Keywords:** *hydrogeological basin, aquifer, water table or ground-water level, overexploitation, contamination, salt water intrusion, permeability*

#### INTRODUCCIÓN

El ciclo del agua es uno de los procesos más estudiados y uno de los menos comprendidos en profundidad. Estas dificultades no son nuevas, ya que si realizamos una revisión histórica de la evolución del concepto, constataremos que perduran desde los pensadores griegos hasta los científicos de mediados del siglo XVIII (Bach y Brusi, 1988).

Los niños pequeños ya estudian lo *que le pasa a una gota de agua*, es decir el *camino* que sigue una gota desde un determinado punto de inicio, en el ciclo, hasta que vuelve a donde empezó la historia. Pero este *camino* no es tan directo y perfecto. La idea de ciclo aparece frecuentemente en la descripción de muchos procesos naturales, pero aunque se trata de una aproximación útil no explica de manera precisa y profunda lo que ocurre. Es importante que cuando se estudia el ciclo del agua se destaque que se trata de un modelo simplificado que nos permite reflexionar sobre el proceso (Bach y Brusi, 1990).

Otro de los problemas asociados al estudio del ciclo del agua es que tanto en las historias que se cuentan a los niños como en los esquemas que aparecen en los libros, y algunos de los que podemos encontrar en internet, casi siempre falta un aspecto fundamental: no aparecen las aguas subterráneas. También es frecuente encontrar esquemas del ciclo del agua en los que sólo se muestra la parte superficial. La no visualización de determinadas partes del ciclo o su estudio puramente descriptivo son condicionantes que impiden una comprensión profunda de los fenómenos naturales implicados. (Bach y Brusi, 1988).

A continuación se presenta una secuencia didáctica que venimos realizando desde hace tres años en el IES *Manuel Blancafort* de La Garriga (Barcelona) y con la cual hemos mejorado mucho la comprensión del ciclo del agua y del funcionamiento de las cuencas hidrogeológicas por parte de nuestros alumnos de 2º de ESO y de 2º de Bachillerato. La actividad se inició en 2º de ESO duran-

(\*) IES Manuel Blancafort, Agda. Onze de setembre n° 29, 08530 La Garriga. mnebot@gmail.com. Ilustraciones: Lorena García de la Casa, lorena\_delfin82@hotmail.com

te el curso 2004/05 cuando Lorena García de la Casa y Joan Figueroa, alumnos del CAP (Certificado de Aptitud Pedagógica) decidieron preparar unas actividades relacionadas con la hidrosfera. Nuestra idea era encontrar alguna experiencia que permitiera entender mejor el ciclo del agua. Después de buscar en diversos libros y en internet, encontraron, precisamente en internet, una actividad interesante, pero que no estaba muy desarrollada. A partir de esa idea, elaboraron la maqueta que se describirá a continuación y las actividades asociadas. Una vez realizada la propuesta, comprendí que sería de gran utilidad en 2º de Bachillerato en la materia de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente. Desde que la impartía había observado que muchos alumnos tenían graves dificultades para entender la estructura y el funcionamiento de los acuíferos. Este aspecto se hacía muy patente cuando estudiábamos los pozos ordinarios y artesianos. He realizado la práctica que detallamos a continuación durante tres cursos sucesivos en 2º de Bachillerato, añadiendo algunos detalles y mejorando algunos aspectos. Tanto las actividades como la maqueta han sufrido algunas alteraciones fruto de la experiencia, pero las cuestiones básicas se han mantenido.

Actualmente, acompaño la realización de la maqueta con una serie de prácticas complementarias, que también se explican, y que permiten profundizar mejor en el estudio del ciclo del agua y de la cuenca hidrogeológica.

La secuencia didáctica que se detalla a continuación se utiliza como actividad central de gran parte del tema de la Hidrosfera y la utilizo para estudiar el sistema cuenca, pero también me sirve de base para trabajar muchísimos conceptos asociados, como los pozos, las fuentes, la permeabilidad y porosidad, la contaminación, etc.

En la explicación me basaré en las actividades que realicé en 2º de Bachillerato. Incluyo también algunos de los recursos utilizados en segundo de ESO, ya que fue donde se inició.

## SECUENCIA DIDÁCTICA

### Actividades previas

En primer lugar se plantean unas preguntas introductorias para situar el tema y conocer las ideas previas de los alumnos, que son distintas en 2º de ESO y en 2º de Bachillerato.

En 2º de ESO les planteamos la situación de Juan (Fig. 1), que ha ido a pasar unos días de vacaciones al pueblo de sus abuelos. Les presentamos la historia de las viñetas y les pedimos que expliquen lo que les contesta el alcalde a Juan y a sus amigos que tienen sed después de jugar al fútbol y se encuentran con que no mana agua de la fuente.

Se pueden hacer más preguntas introductorias del tipo: ¿por qué hablamos de ciclo del agua y no de camino del agua? o ¿qué caminos sigue el agua de la lluvia cuando cae sobre los continentes? o ¿llueve sobre el mar?



Fig. 1.-Actividades previas de 2º de ESO.

Estas preguntas diagnósticas nos permiten observar el conocimiento que tienen los alumnos del tema y pueden utilizarse para realizar las modificaciones que se consideren convenientes en el guión de la práctica y también se pueden repetir al final de la actividad para estudiar la progresión de los alumnos y acabar de redondear el tema.

En 2º de Bachillerato les enseñé una fotografía (Fig. 2) de un riachuelo al que se le acaba el agua, que presenta grietas de desecación en el lecho. Se puede encontrar en <http://www.southlandusa.com/news.php?month=08&year=2007> y les pregunté en qué lugares de la fotografía se puede encontrar agua.



Fig. 2.- Fotografía de la desecación de un curso de agua para la actividad previa de 2º de Bachillerato, se puede obtener en: <http://www.southlandusa.com/news.php?month=08&year=2007>.

### Actividad central - maqueta

Después de la introducción se procede a la realización de la práctica, que es la actividad central. Se trata de una simulación que nos permite estudiar el ciclo del agua de una manera simplificada pero muy efectiva. Para ello construiremos una maqueta, que detallamos a continuación.

Antes de realizarla hay que leer atentamente las instrucciones con los alumnos para que tengan muy claro lo que tienen que hacer. Debemos insistir en que tienen que observar cuidadosamente los fenómenos que se vayan produciendo, ya que de este modo podrán entender muchos conceptos que son difíciles de visualizar cuando se estudian sólo de modo teórico.

Los alumnos trabajan en grupos de tres o cuatro. El material necesario para cada grupo es:

- Una garrafa de agua transparente vacía, de 8 l
- Tres botellas de plástico de 50 cl vacías
- Un vaso o tubo de plástico transparente
- Grava blanca
- Arena (si no es arcillosa mejor)
- Tierra vegetal
- Toallitas higiénicas
- Una planta pequeña
- *Papel film* transparente
- Una lámina de plástico
- Una goma elástica o un cordel
- Una cuchara
- Un cuchillo
- Cinta adhesiva

La actividad se realiza en tres sesiones.

El primer día se procede al montaje de la maqueta. Para hacerla hay que seguir los siguientes pasos:

Hay que cortar la parte superior desde la base al  *cuello*, pero dejando una pequeña parte sin cortar, de manera que la  *tapa* quede unida al resto de la garrafa (Fig. 3).

Se coloca la garrafa sobre la mesa en la que se va a trabajar. Para la explicación vamos a considerar que la parte delantera es la zona donde están el tapón y el cuello y la parte trasera es la que se encuentra en el otro extremo.

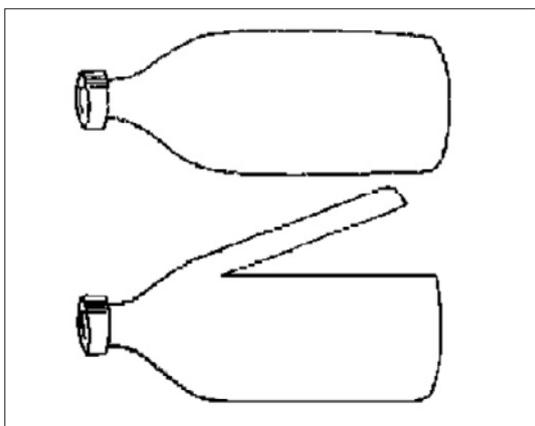


Fig. 3. Esquema del corte que debe realizarse a la garrafa.

Después hay que hacer una serie de marcas en la botella con un rotulador. Estas marcas servirán de guía para el montaje del modelo (Fig. 4). A, B i C: nos indican las partes en que dividimos el montaje. 1, 2 y 3: nos indican hasta qué altura debe llegar cada material. Corte: nos indica por dónde se debe cortar la garrafa

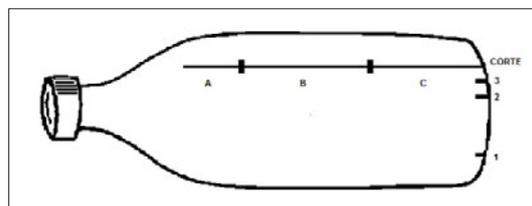


Fig. 4.-Marcas que sirven de guía para la realización de la maqueta.

Una vez hechas las marcas y cortada la tapa, hay que poner una fina capa de grava sobre el fondo de la garrafa, en la zona que está apoyada sobre la mesa (Fig. 5), para facilitar la entrada y salida del agua desde y hacia el  *lago* o el  *mar*.

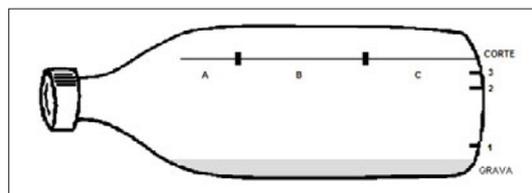


Fig. 5.-Situación de la fina capa de grava que se añade al principio para facilitar la entrada y salida del agua desde y hacia el lago o el mar.

Antes de continuar añadiendo grava se coloca la toallita higiénica (Fig. 6). La función de la toallita será evitar que caigan la grava y la arena que se añadirán a continuación y servirá para simular un  *risco* o un  *acantilado*.

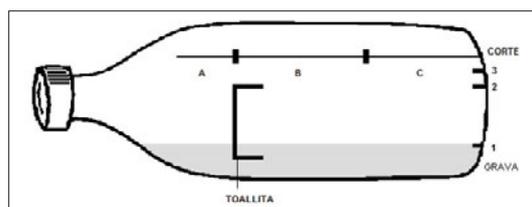


Fig. 6.-Colocamos la toallita higiénica que servirá para simular un risco o un acantilado y para evitar que caiga la grava y la arena que lo forman.

No ponemos la toallita tocando el fondo de la botella porque así será más directo el contacto entre las dos partes del montaje y nos facilitará la entrada y salida del agua.

Para colocar la toallita hay que doblar uno de los extremos y ponerlo sobre la grava levantando verticalmente la zona donde se acaba la parte A (Fig. 6). La toallita simula una  *pared* vertical. Mientras uno de los componentes del grupo mantiene la toallita recta, los demás tienen que poner gra-

va a ambos lados hasta llegar a la marca nº 1, como se observa en el esquema.

A continuación se añade el tubo que simulará el pozo, éste se puede simular con un vaso de tubo de plástico (de unos 5 cm de diámetro) al cual se le elimina la parte inferior (el fondo) mediante calor (Fig. 7). También se puede usar una botella de plástico de 50 cl a la que se le corta la base y la parte superior.

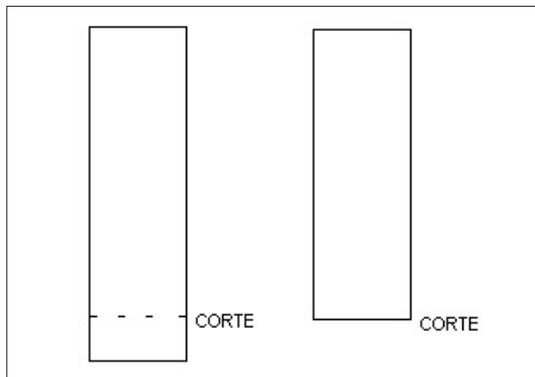


Fig. 7.-Preparación del pozo.

El vaso debe situarse en la marca que indica el principio de la zona C, enterrando la parte inferior en la grava, pero sin llegar al fondo (Fig. 8). Se pueden realizar unos pequeños agujeros en las zonas laterales del pozo, para facilitar la entrada y salida del agua.

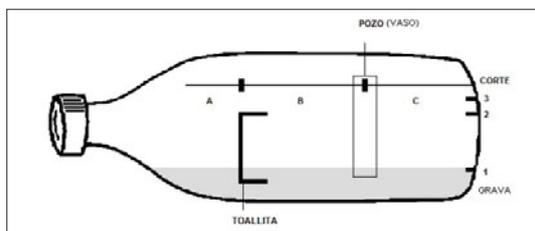


Fig. 8.-Situación del pozo dentro de la maqueta.

Deben colocar el tubo apoyado en uno de los lados de la garrafa y así se puede observar mejor cómo va cambiando el nivel del agua durante la actividad.

La altura a la que debe llegar la grava puede cambiar y es interesante que no sea exactamente la misma en todos los montajes.

A continuación, se añade arena a ambos lados de la toallita, pero poniendo el doble en la parte trasera. Así, en la parte A, pondremos más arena que en las zonas B y C, donde pondremos arena hasta la marca 2 (Fig. 9).

Ahora hay que doblar la toallita y colocarla sobre la arena en la zona en que se ha puesto más arena, al principio de la zona B (Fig. 8 y 9). Encima de la arena se coloca una fina capa de tierra vegetal, hasta la marca nº 3 (Fig. 10).

Ha llegado el momento de colocar la planta. Es importante que sea realmente pequeña. Con la introducción de la planta se quiere estudiar el fenó-

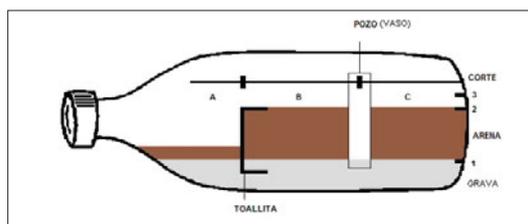


Fig. 9.-Se añade la arena a ambos lados de la toallita, pero hasta diferentes alturas.

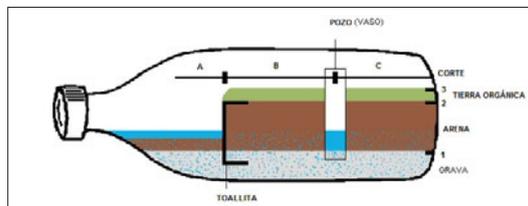


Fig. 10.-Maqueta final.

meno de la transpiración. Para colocarla:

- Se corta la parte superior de una botella de plástico de 50 cl
- Se gira como se observa en el esquema
- Se sitúa dentro la planta de modo que quede cubierta por la botella, pero que la raíz salga por el cuello de la botella.
- Se utiliza *film* transparente para cubrir la planta y la botella.
- El papel *film* se sujeta a la botella con cordel o con una goma elástica
- Antes de colocar la planta en el montaje se pone una lámina de plástico como se observa en la figura 11, para que no le llegue directamente la humedad de la tierra.
- La planta se introduce en la zona C, entre la parte posterior de la garrafa y el pozo.

Así se construye un pequeño invernadero, con la planta dentro, intentando aislarla al máximo del ambiente. La lámina de plástico que se coloca en la base aísla la planta del suelo. El corte que se ha hecho para colocar mejor la planta tiene que sellarse con celo. El papel *film* aísla la planta del aire que quedará dentro de la garrafa cuando la cerremos.

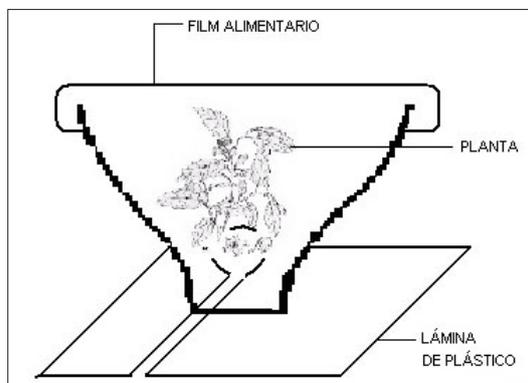


Fig. 11.-Montaje para estudiar la transpiración.



Fig. 12.- Fotografías que ilustran el montaje de la planta.

De esta manera, las gotas de agua que se formen por condensación provendrán en su mayoría, de la planta (transpiración). Se incluyen unas fotografías para mejorar la comprensión del montaje (Fig. 12).

Ahora se introduce agua en el montaje. Se simula la lluvia con un par de botellas de plástico pequeñas a las que se han hecho agujeros en el tapón. Es fundamental que la lluvia caiga lentamente para que se pueda observar bien la infiltración. No se debe tener prisa y es conveniente parar de cuando en cuando para ir observando cómo entra el agua en el montaje, desplazándose entre los poros de la tierra vegetal, de la arena y de la grava. Hay que procurar que no caiga tierra vegetal dentro del lago que se irá formando en la parte anterior de la garrafa. Deben intentar no regar sobre la zona donde se ha puesto la planta.

Con frecuencia es difícil observar correctamente la transpiración con una planta tan pequeña. Si se desea se puede hacer una experiencia paralela, con una planta más grande. Se cubren dos plantas con una bolsa de plástico transparente, que se cierra cuidadosamente (Fig. 13). Se coloca una al Sol y una a la sombra y el resultado es espectacular.

Una vez se ha formado un pequeño lago, como el que se observa en la figura 10, se para de regar y con un par de etiquetas se marca el nivel al que llega el agua en el lago y en el resto del montaje. Esta segunda marca representará el nivel freático del acuífero que se acaba de formar. Se cierra la tapa de manera que encaje muy bien y se sella con cinta aislante, para que no haya contacto con el exterior. Se ha formado una cuenca hidrogeológica (Fig. 14).

Para estudiar mejor la evaporación y la condensación se ponen la mitad de los montajes al Sol y la otra mitad a la sombra y se dejan una semana.

Para la práctica de la semana siguiente se necesita material nuevo que indico a continuación:

- Dos o tres jeringuillas de plástico grandes (de 100 ml), sin aguja
- Colorante alimentario
- Sal y cuchara

Los alumnos deben realizar una serie de observaciones y responder unas preguntas antes de abrir la tapa del montaje, que son las siguientes:

Deben observar las marcas que indicaban la altura a la que llegaba el agua en el acuífero y en el lago, y lo que normalmente ven es que ha habido cambios.



Fig. 13.- Experiencia para observar la transpiración de una planta.



Fig. 14.- Ejemplo de maqueta cerrada, preparada para estudiar la evaporación y la condensación.

Deben anotar todo lo que observan y más adelante, en la puesta en común, se comenta con toda la clase lo que ha sucedido. También observan el agua del pozo y comprueban si la parte superior del agua se encuentra a la misma altura que el nivel freático.

Luego, se anota si se observan gotas de condensación en el techo de la garrafa, indicando si el montaje estaba al Sol o a la sombra. Se saca la cinta adhesiva y se abre la tapa. Si tiene agua, se seca. Se saca entonces el papel *film* que estaba sobre la planta y se observa y anota si tiene gotas de agua (transpiración). Como este fenómeno frecuentemente es difícil de observar, desde el curso pasado realizamos el montaje paralelo explicado anteriormente en el que cubrimos unas cuantas plantas con un plástico grande que no toca la tierra de la maceta y que se sujeta por la parte del tallo de la planta con un cordel (Fig. 13). Al poner algunas botellas al Sol y otras a la sombra se observa la distinta condensación con mucha claridad.

Una vez se ha observado el papel *film* o el plástico, se vuelve a cubrir la planta con uno nuevo, limpio. En la puesta en común que se hace al final de la práctica, los alumnos explican si han visto gotas y, si han aparecido, comentamos su origen.

En este momento se procede a la sobreexplotación del acuífero. Se trata de extraer agua del pozo con las jeringuillas hasta que se seque el lago. Así los alumnos observan de nuevo la comunicación que existe entre las aguas superficiales y las subterráneas. Una vez hecho esto, se vuelve a regar para recrear la situación inicial.

A partir de este momento dividimos la clase en dos grupos, la mitad estudiará la contaminación producida por un producto químico y la otra mitad la salinización del acuífero a causa de una intrusión marina. Para visualizar la contaminación se añaden unas gotas de colorante alimentario al agua de lago. Para estudiar la intrusión marina se añade una cucharada de sal al agua del lago, se agita para facilitar su disolución, y se convierte el lago en un mar.

En este momento todos los grupos vuelven a cerrar el montaje como hicieron el día anterior. Los que lo pusieron al Sol ahora los ponen a la sombra y viceversa, así cada grupo podrá observar la diferencia que se produce en la transpiración según la insolación recibida.

La tercera semana volveremos a necesitar material nuevo:

- Nitrato de plata al 10%
- Tubo de ensayo

Los estudiantes, como la semana anterior, deben anotar si se observan gotas de condensación en el techo de la garrafa, indicando si el montaje estaba al Sol o a la sombra. Tienen que compararlo con lo que pasó la semana anterior y comentar si se ha producido más condensación en las botellas que estaban al Sol o a la sombra y de dónde provienen esas gotitas de agua. En la puesta en común, comentamos con toda la clase que el hecho de que haya aparecido más condensación, en los montajes, cuando estaban al Sol, se debe a que ha habido una mayor evaporación.

Se saca la cinta adhesiva y se abre la tapa. Si tiene agua, se seca. Se saca entonces el papel *film* que estaba sobre la planta y se vuelve a observar y se anota si tiene gotas de agua (transpiración).

Los grupos que estudian la contaminación observan si el colorante ha llegado al pozo. Los que estudian la salinización comprueban si la sal ha llegado al pozo. Para hacerlo ponen una muestra de agua del pozo en un tubo de ensayo y añaden unas gotas de nitrato de plata. Si aparece un precipitado blanco significa que la sal ha llegado al pozo si el agua sólo queda un poco turbia, significa que la sal no ha llegado al pozo. Alternativamente, se puede usar un sensor de conductividad.

Si el pozo no se ha contaminado o salinizado, se debe extraer agua del acuífero y explicar qué pasa. Normalmente, en este segundo caso, siempre llega al pozo el colorante o la sal, a veces ya llega sin tener que extraer agua. Los alumnos deben explicar cómo creen que han llegado la contaminación química y la sal a los acuíferos.

Finalizada la práctica, los alumnos deben reflexionar sobre la simulación y para ello se pueden hacer muchas preguntas que deben contestar, primero, en los distintos grupos y luego se comenta con toda la clase. Se les indica que en las respuestas deben usar los conceptos nivel freático, acuífero e infiltración. Quiero destacar que durante la realización de la práctica, y previamente a la lectura del guión, muchos alumnos se hacen preguntas muy interesantes que ellos mismos van respondiendo en los grupos, con o sin la ayuda del profesor. También se plantean muchas preguntas que no aparecen en el protocolo de la práctica. La visualización de los procesos les permite solucionar sus dudas con mucha rapidez y claridad.

A continuación se indican a modo de ejemplo algunas de las preguntas: ¿de qué depende el nivel de agua en el pozo? ¿Qué pasó cuando regamos? ¿Qué podemos deducir de lo que pasó cuando vaciamos el pozo? ¿Qué pasa cuando no llueve?

Importante es el hecho de identificar cada una de las partes del montaje y de los fenómenos observados con lo que ocurre en la naturaleza. Para ello se pregunta: ¿Qué simula cada una de las partes del montaje? Por ejemplo, la base de la garrafa es la ro-

ca impermeable sobre la que se asienta el acuífero o el techo representa el cielo y las gotas que cuelgan, producidas por condensación, representan las nubes.

Una actividad que sirve como aplicación de lo que se ha estudiado es completar el dibujo que se observa a continuación, dibujando un acuífero granular con su correspondiente nivel freático. Además, deben indicar el nombre de todos los procesos que se producen en la cuenca: precipitación, infiltración, evapotranspiración y escorrentía. También deben explicar qué significan las flechas que se observan en la zona donde tienen que dibujar el acuífero para que vean que existe un flujo subterráneo además de un flujo superficial. De esta manera, se puede trabajar el balance hidrogeológico de una cuenca y también se comprueba si han entendido la estructura del acuífero (Fig. 15).

Para comprobar si lo han hecho correctamente los alumnos pueden consultar esta página web: <http://water.usgs.gov/gotita/eartgwaquifer.html>

Para contextualizar el fenómeno de la intrusión marina se puede explicar que es uno de los principales problemas en las zonas costeras del Mediterráneo, comentando que al producirse la sobreexplotación de los acuíferos en las zonas costeras, el agua dulce se retira y el agua salada entra reemplazándola. Deben entender que en condiciones normales el agua salada no puede entrar en el acuífero porque se lo impide la presión que ejerce el agua dulce. Pero cuando el acuífero se sobreexplota el agua salada lo invade formando una cuña. Como el agua salada es más densa que el agua dulce ésta se sitúa por debajo y si se extrae mucha agua de los pozos éstos se acaban salinizando. Buscar información en internet para hacer un dibujo de la situación normal y de la situación de salinización, indicando en cada caso dónde se encuentran el agua dulce y el agua salada, permite comprender mejor el proceso.

En [www.eoearth.org/article/Groundwater](http://www.eoearth.org/article/Groundwater) hay unos esquemas muy claros. Los nombres están en inglés, pero son fáciles de traducir.

Para comentar las intrusiones marinas en el mediterráneo se puede consultar:

<http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2230>

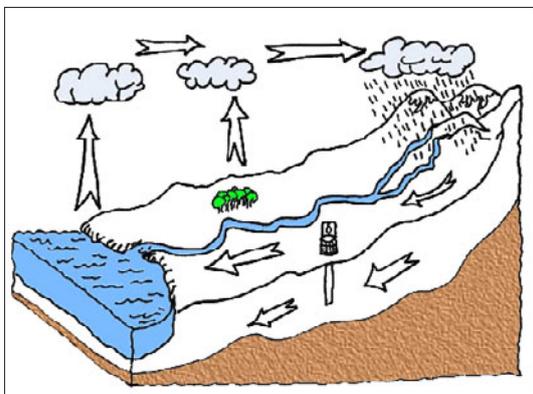


Fig. 15.-Esquema del ciclo del agua.

### Actividades complementarias

La práctica que se ha descrito permite estudiar muchos fenómenos y se puede completar con una serie de actividades paralelas que ayudan a una mayor comprensión.

A continuación, comentamos, de manera resumida, tres prácticas que realizamos antes, paralelamente o después del montaje.

En una de ellas, cada grupo llena una botella de plástico con agua y se les pide a qué altura creen que sería mejor hacer un agujero para obtener una fuente. Los alumnos hacen sus fuentes y comparamos los resultados sacando conclusiones. Después llenan varias botellas de plástico a distintas alturas practican agujeros a diferentes niveles para observar qué pasa y completar su conocimiento sobre las fuentes.

En otra estudiamos la porosidad de distintas rocas poniéndolas en recipientes llenos de agua durante una semana. Observamos cómo en las rocas más porosas, al introducirlas en agua, se van desprendiendo burbujas de los gases que ocupaban sus poros que van siendo expulsados y reemplazados por el agua. Pesamos las rocas antes de ponerlas en el agua y después de estar una semana *en remojo*. Así podemos ordenarlas por orden de porosidad.

Antes de introducirlas en el agua, les ponemos una gota de agua en la superficie y observamos si entra o no en la roca y en caso de que entre cronometramos cuánto tarda en hacerlo.

Previamente se puede sumergir pumita, un trozo de esponja y un poco de corcho en un vaso de precipitados con agua, para que observen que una roca puede ser porosa y no ser permeable. Es una actividad muy sencilla pero que permite entender fácilmente el concepto de porosidad eficaz. Al sumergir la pumita y la esponja, vemos que, al principio, las dos flotan y que de ambas se observa cómo salen gotitas de gas. Pero poco a poco la esponja se va impregnando de agua hasta que se hunde, completamente rodeada de burbujas. Mientras tanto, la pumita sigue flotando. Por otro lado, el corcho ni se hunde ni desprende burbujas. Así simulamos una roca impermeable no porosa (el corcho), una roca porosa pero impermeable (la pumita) y una roca con porosidad eficaz y, por lo tanto, permeable (la esponja). Comentamos que los poros de la esponja están comunicados permitiendo el paso del agua mientras que los de la pumita no lo están y el agua no penetra en ella.

También, hacemos un montaje en el que comparamos la capacidad de filtración de diversos sedimentos colocándolos dentro de unas botellas de plástico giradas y con la base cortada. En la boca de la botella, ponemos una gasa y la introducimos en un recipiente *cabeza abajo*. Ponemos en cada recipiente arena de distinto grosor o arena en uno y grava en el otro (Fig. 16). Añadimos agua y cronometramos el tiempo que tarda en llegar al recipiente. También medimos el volumen de agua que añadimos y el que llega al recipiente.

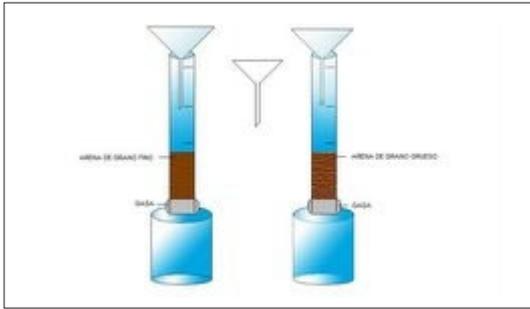


Fig. 16.-Montaje para el estudio de la capacidad de filtración.

Para finalizar, se pueden buscar en internet distintos esquemas del ciclo del agua y preguntar a los alumnos: ¿hay sólo un ciclo o hay muchos ciclos? ¿Por qué? Esta actividad se realiza para mostrar su complejidad. También se puede comentar qué le falta al esquema del ciclo del agua que ellos han completado. Es un buen momento para preguntar si pueden añadirse flechas, reflexionar sobre los diferentes procesos implicados y los problemas de su representación

Son direcciones interesantes:

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>,

<http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/438/WEATHER/water2.gif>

A nivel de simulación sencilla recomendamos:

<http://www.johnston-independent.com/images/Animated/aquifer%20recharge.gif>

Como actividad complementaria podemos hacer un trabajo de expertos sobre las ideas que ha habido sobre el ciclo del agua a lo largo de la historia (Márquez, 2000). Los alumnos se organizan en grupos y cada uno lee un texto de un pensador (Platón, Aristóteles, Séneca, Kirchner, Perrault y Mariotte). Cada grupo tiene que hacer una exposición oral sobre las ideas de su autor, y el resto de la clase debe anotar qué pregunta se planteaba y qué inconvenientes creen que tiene su respuesta. Finalmente, en la puesta en común se discute lo que se ha aprendido. La reflexión sobre aspectos de la ciencia que ahora se sabe que son erróneos es interesante porque permite detectar ideas incorrectas de los alumnos y ver que la ciencia evoluciona y que sin los científicos precedentes no habríamos llegado a nuestro conocimiento actual. Seguro que el tiempo se encargará de demostrar que muchos aspectos que ahora se consideran ciertos no lo son. Esta actividad también permite acabar de incidir sobre la idea muy propagada entre los alumnos de que las aguas subterráneas (y también el petróleo) se encuentran en *bolsas* o en canales subterráneos. Estas ideas están muy extendidas porque frecuentemente las explicaciones sobre qué le pasa al agua infiltrada o cómo se produce la circulación subterránea están envueltas en un aura de misterio (Bach y Brusi, 1990).

## CONSIDERACIONES FINALES

Las actividades que se han descrito se pueden realizar, todas, dentro de una misma secuencia didáctica o bien se pueden realizar por separado en distintos momentos. En general, se trata de diseñar secuencias didácticas en la cuales la base es la práctica y a partir de ella se van aprendiendo los conceptos. Es importante, también, contextualizar lo que se está aprendiendo, como se indicó en el caso de la intrusión marina. Por último, también es interesante aprender cómo ha evolucionado la ciencia sobre el tema que se está estudiando.

Con la realización de las prácticas, los resultados, en los exámenes, han mejorado significativamente y, además, es un modo de trabajar muy estimulante que permite una gran interacción tanto entre los estudiantes como con el profesor o profesora, de manera que el conocimiento se construye entre todos. Quiero destacar, especialmente, que con estos planteamientos didácticos favorecemos la reflexión; los alumnos son capaces de plantearse preguntas que pueden responder mediante su propio análisis. Por otro lado, he comprobado que con estas actividades realizan un aprendizaje significativo, ya que interiorizan de manera muy adecuada y duradera los conceptos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Joan Bach todas las sugerencias que nos ha hecho tanto respecto al texto del artículo como sobre las ilustraciones.

Agradecemos a Ángela Cejas su atenta revisión del texto desde el punto de vista lingüístico.

## BIBLIOGRAFÍA

Bach, J.; Brusi, D. (1988). Reflexiones y recursos sobre la didáctica del ciclo del agua. *Henares. Revista de Geología*. 2, 223-232.

Bach, J.; Brusi, D. (1990). El cicle de l'aigua. *Perspectiva Escolar*. 150, 8-18.

Márquez, C. (2000). El ciclo del agua. Guías Praxis para el profesorado de ESO. Ciencias de la Naturaleza. Contenidos, actividades y recursos. Editorial Praxis, Barcelona.

### Páginas web:

<http://water.usgs.gov/gotita/eartgwaquifer.html>

[www.eoearth.org/article/Groundwater](http://www.eoearth.org/article/Groundwater)

<http://dataservice.eea.europa.eu/atlas/viewdata/viewpub.asp?id=2230>

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycle.html>

<http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/438/WEATHER/water2.gif>

<http://www.johnston-independent.com/images/Animated/aquifer%20recharge.gif>

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 6 de noviembre de 2007 y aceptado definitivamente para su publicación el 30 de mayo de 2008.*