

## Diseño de un caso para el estudio de las disoluciones en secundaria obligatoria

M<sup>a</sup> Dolores SÁNCHEZ; Idoya LACOSTA y Rosario FERNÁNDEZ

Correspondencia

María Dolores Sánchez González  
Idoya Lacosta Gabari  
Rosario Fernández Manzanal

Departamento de Didáctica de las  
Ciencias Experimentales.  
Universidad de Zaragoza.  
C/ San Juan Bosco nº 7, C.P. 50009  
Zaragoza

Teléfono: 976761314/976761302  
Fax: 976762071

E-mail: dsanchez@unizar.es

Recibido: 11-2-2008

Aceptado: 8-6-2008

### RESUMEN

En este artículo se presenta el procedimiento seguido para diseñar el caso titulado *¿Quién mató a Nemo Blue?* El caso es del tipo *Diseño de una solución* y se presenta para ser resuelto por estudiantes de 3º de ESO a través de ocho escenarios diferentes que muestran distintos aspectos del problema a estudiar.

El caso tiene como objeto abordar los contenidos sobre las disoluciones y sobre la contaminación de las aguas señalados en el currículo para el nivel de ESO, así como mejorar las actitudes hacia los procesos de contaminación de las aguas. A la vez, nos proponemos desarrollar algunas de las competencias básicas propuestas por la nueva Ley Orgánica de Educación.

**PALABRAS CLAVE:** Investigación metodológica, Estudio de casos, Desarrollo de competencias científicas, Contaminación del agua subterránea, Disoluciones.

## Designing a case for the study of solutions in Secondary Education

### ABSTRACT

In this article we present the process followed to design a case study entitled *Who Killed Nemo Blue?* (Who Killed Nemo Blue?). The case is classified as *Design for a solution* and is addressed to Chemistry students aged 14 - 16. The case is developed through eight different stages that show different aspects of the problem to study.

The case is aimed to improve knowledge about water solutions and environmental attitudes regarding groundwater pollution, contained in the curriculum of Secondary Compulsory Education. At the same time, we intend to develop some of the key competences proposed by the new Spanish Education Law (LOE).

**KEY WORDS:** Research Methodology, Case Study, Development of Scientific Comptence, Groundwater Pollution, Solutions.

## Introducción

Los estudiantes del nivel de enseñanza obligatoria precisan hoy una educación científica que les permita interpretar y desenvolverse en el complejo mundo de la sociedad actual. Aunque es difícil que la Escuela pueda proporcionar todos los contenidos relevantes, ya que son muchos y muy flexibles, sí puede formar a los estudiantes para acceder a ellos y darles sentido. Lo que necesitan los alumnos y alumnas de la educación científica no es tanto la información, que pueden sin duda necesitar, sino aprender a organizarla e interpretarla. Y de modo muy especial, lo que van a necesitar como futuros ciudadanos es, ante todo, disponer de capacidades y competencias para buscar, seleccionar e interpretar la información que pueden adquirir desde diversos medio.

De acuerdo con esta idea, el estilo de enseñanza en el que el docente tiene el papel protagonista de trasmisor de conocimientos está pasando a segundo plano (BROPHY, 2001). En muchas investigaciones se ha indicado que este modelo de enseñanza contribuye a transmitir una idea deformada del trabajo científico y a reforzar la idea de que los contenidos científicos poco tienen que ver con la problemática de los estudiantes y con su vida cotidiana (GÓMEZ GARCÍA & INSAUSTI, 2005; LEMKE, 2006).

Al mismo tiempo, el profesorado de Educación Secundaria manifiesta una creciente sensación de frustración al comprobar el limitado éxito de su labor. Es una opinión generalizada que los estudiantes cada vez aprenden menos y se interesan menos por lo que aprenden (POZO & GÓMEZ CRESPO, 1998; GIBBS & FOX, 2000; BENET, 2007).

Ante estos problemas, como señalan Gil, Carrascosa, Furió & Martínez-Torregrosa (1991) o Vázquez & Manassero (1995), el papel que le corresponde a la Didáctica de las Ciencias consiste en desarrollar estrategias encaminadas al aprendizaje de contenidos científicos, a la vez que integrar las dimensiones actitudinales, afectivas y motivacionales en los procesos educativos.

Recogiendo estas preocupaciones, la nueva Ley de Educación (LOE) incorpora al currículo las competencias básicas que los estudiantes han de conseguir para integrar los aprendizajes, ponerlos en relación con distintos tipos de contenidos y utilizarlos de manera efectiva en diferentes contextos. Así mismo, propone la utilización de las metodologías más adecuadas para ese fin (Real Decreto 1631/2006, BOE, 2007).

El *estudio de casos* aplicado a la enseñanza de las ciencias es una de las metodologías que puede satisfacer estas nuevas exigencias. Este enfoque de enseñanza consiste en plantear situaciones problemáticas abiertas que los estudiantes deben resolver. Se parte de las percepciones de los estudiantes, por lo que despierta su interés, potencia la reflexión individual y colectiva sobre situaciones reales e incita a la participación (SAVIN-BADEN, 2000). Con la entrada en vigor de la LOE, el *estudio de casos* se perfila, además, como una estrategia útil para desarrollar las competencias básicas (DE MIGUEL, 2006; ZABALA & ARNAU, 2007).

Una de las competencias básicas que debe ser tratada de forma preferente desde las ciencias de la naturaleza es el “*conocimiento e interacción con el mundo físico*”. Algunos aspectos a tratar en esta competencia son las implicaciones que la actividad humana tiene sobre el medioambiente, el conocimiento de los grandes problemas ambientales actuales y la generación de actitudes responsables dirigidas a sentar las bases de un desarrollo sostenible.

Son muchas las fuentes que señalan que la contaminación que sufren las aguas es uno de los grandes temas ambientales (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2007; UNESCO, 2007). El proceso de contaminación de las aguas está relacionado, entre otros muchos factores, con el tipo de sustancias que llevan disueltas y con la concentración que presentan estas sustancias. Como muestran Gabel & Bunce (1994), la adecuada comprensión de los procesos de la contaminación del agua está relacionada directamente con el estudio de las disoluciones.

Por esta razón, siguiendo los pasos de otros autores en investigaciones didácticas sobre contaminación radiactiva (EIJKELHOF & MILLAR, 1988) o en el caso de la contaminación por ozono (BORSESE & ESTEBAN, 2005), utilizaremos el fenómeno de la contaminación de las aguas para mejorar el aprendizaje tanto de conceptos científicos propios del estudio de las disoluciones como de competencias básicas, procedimientos y actitudes que favorezcan una relación sostenible con los usos del agua.

Nuestra propuesta consiste en diseñar un caso con el que abordar los contenidos anteriores. En este artículo, se presenta el caso y se detalla el proceso seguido para su diseño.

## Objetivo

El objetivo fundamental que nos proponemos es diseñar un caso que permita, a través de su análisis y resolución:

1. Abordar el estudio de las disoluciones y adquirir los conocimientos señalados en el currículo para el nivel de Secundaria Obligatoria relacionados con la contaminación de las aguas.
2. Mejorar los conocimientos y las actitudes hacia los procesos y consecuencias de la contaminación de las aguas.
3. Desarrollar las competencias básicas del currículo de Secundaria relacionadas con los contenidos anteriores.

## El estudio de casos y su justificación didáctica

Una de las muchas posibilidades que el trabajo con *estudio de casos* nos ofrece es la de utilizarlo como un instrumento para conseguir aprendizajes ajenos al propio caso (STAKE, 1998). Según De Miguel, el *estudio instrumental de casos* es una modalidad de enseñanza que “*pretende acercar una realidad concreta al ambiente académico por medio del análisis intensivo y completo de un hecho, problema o suceso real con la finalidad de conocerlo, interpretarlo, resolverlo, generar hipótesis, contrastar datos, reflexionar, completar conocimientos, diagnosticarlo y, en ocasiones, entrenarse en los posibles procedimientos alternativos de solución*” (DE MIGUEL, 2006: 89). Por ello, es especialmente útil para la enseñanza de contenidos científicos ambientales, ya que los acerca al contexto real de los estudiantes mejorando la interiorización de los mismos (KEEVES, 1998). Además, la discusión del caso requiere una mezcla de retórica, diálogo, inducción, intuición y razonamiento, destrezas todas propias de la metodología científica (CRESPO, 2000).

Por otra parte, como señala López (1997), la riqueza del trabajo con *estudio de casos* fomenta en los estudiantes el desarrollo de las competencias básicas, tanto de comunicación lingüística (comunicación de ideas, argumentación, discusión y elaboración de conclusiones) como de competencia matemática (planteamiento, resolución y expresión de problemas numéricos), de conocimiento e interacción con el mundo físico (conocimiento, análisis y resolución de una situación problemática real), de tratamiento de la información (búsqueda, selección y resumen de la información necesaria) y de competencia social y ciudadana, entre otras.

Al tratarse de una técnica grupal que participa de las ventajas del aprendizaje colaborativo, puede ser adecuada para desarrollar actitudes positivas hacia la tolerancia y la flexibilidad en el trabajo, y hacia la responsabilidad y el compromiso personal en la resolución de problemas (SLAVIN, 1995).

La modalidad de caso que hemos elegido se conoce como de *diseño de una solución*. Con él se pretende entrenar en la resolución de situaciones problemáticas y generar propuestas de toma de decisiones. Este tipo de caso exige que se atienda la singularidad y complejidad de los contextos específicos, con lo que se hace más adecuado para trabajar con estudiantes que necesiten un alto grado de motivación (MARTÍNEZ & MUSITU, 1995; MENDOZA, 2006) y con grupos cuyos conocimientos científicos son escasos, debido a que nos brinda la posibilidad de trabajar de forma más dirigida y estructurada (SÁNCHEZ NÚÑEZ, 2002). Con la modalidad de caso elegida, se describe el escenario, se indica el problema y las causas que lo producen, y se espera que los estudiantes sepan proponer soluciones y analizar las ventajas e inconvenientes de las mismas.

## Presentación del caso

El caso diseñado lleva por título *¿Quién mató a Nemo Blue?* y su tema principal es la contaminación difusa por nitratos de origen agrícola que sufren las aguas subterráneas de una localidad que hemos situado en Navarra y que se hace patente en los pozos y acuíferos superficiales. Se presenta a los estudiantes para su resolución en forma de historia breve narrada en ocho escenarios, correspondientes a ocho sesiones de clase de cincuenta y cinco minutos cada una.

Cada uno de los ocho escenarios se articula alrededor de una pregunta temática cuya respuesta es necesaria para abordar la resolución del escenario siguiente. De esta forma, cada escenario constituye por sí mismo un apartado que nos acerca de forma progresiva a la propuesta de solución o soluciones del caso.

La información necesaria para la resolución de cada escenario se revela de forma progresiva según vaya siendo solicitada por los estudiantes, intentando así imitar la forma en que los científicos se enfrentan a los problemas reales (HERRIED, 2005).

El caso se ha diseñado para su aplicación en el contexto de las clases de Física y Química de 3º de la E.S.O. y para su análisis y resolución en pequeños grupos cooperativos (de tres o cuatro estudiantes) dentro del horario lectivo. Cuenta con seis sesiones para ser trabajadas en el aula ordinaria y con dos sesiones de laboratorio. Los conocimientos previos de los estudiantes han sido tenidos en cuenta en el diseño del caso.

Los grupos se formarán atendiendo a criterios de heterogeneidad, como nos recomiendan Rodríguez Barreiro, Fernández Manzanal & Escudero (2002), y en función de los resultados de una exploración inicial previamente realizada. En el Cuadro 1 se presenta un resumen del caso diseñado.

*Cuadro 1. Resumen del caso*

Carlos vive tranquilamente en una pequeña ciudad que, en los últimos tiempos, debido al bienestar económico que ha conseguido, ha visto incrementada su población hasta casi duplicarla.

En la ciudad hay dos fábricas de montaje de maquinaria agrícola, dos industrias agroalimentarias y una congeladora, aunque la mayoría de la gente trabaja en el campo. La actividad agrícola es intensa en la zona y es una de sus fuentes mayores de ingresos y de prosperidad.

Carlos y sus amigos, como todos los chicos y chicas de la zona, pasan el tiempo montando en bicicleta, nadando (hay piscinas de verano y cubiertas) y haciendo deporte. Las instalaciones deportivas son muchas y buenas, pero los lugares de reunión son escasos. Los locales de la zona no son los más adecuados para ellos e ir todos a una casa es un problema.

Por esta razón se ha puesto de moda desde hace algún tiempo reunirse en pequeñas fincas de recreo que los abuelos o los padres casi no utilizan.

Básicamente, todas las fincas poseen una pequeña caseta con luz eléctrica y baño, un jardín, un asador y un estanque. Normalmente no tienen agua corriente, pero se abastecen de un pozo mediante una bomba que les permite llenar el depósito de la caseta, llenar el estanque y regar. En la ciudad hay casi 500 fincas de este tipo.

Para celebrar la primera reunión de la pandilla, una amiga les regaló un pez al que llamaron Nemo y que nadó felizmente en el estanque toda la tarde.

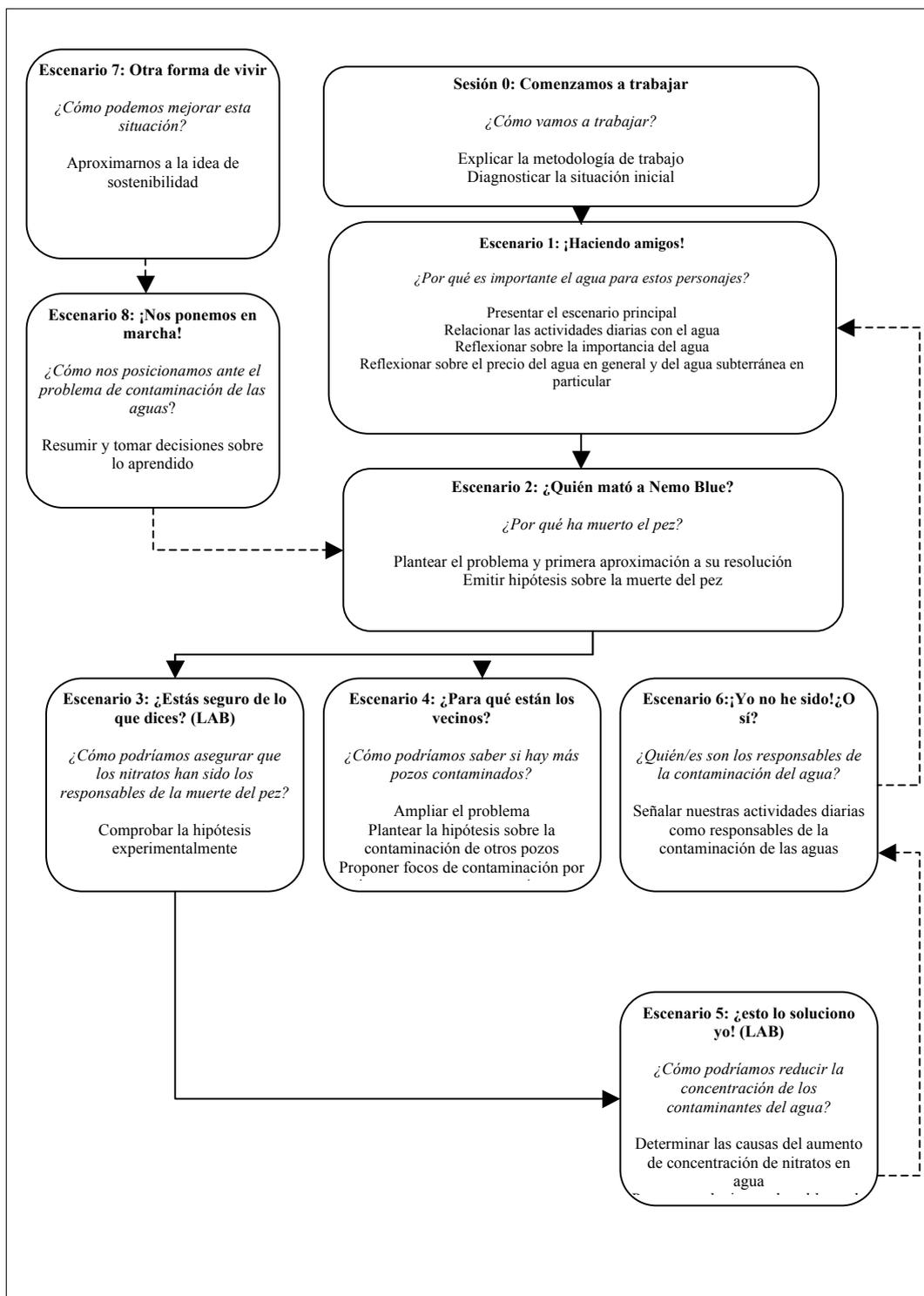
Sin embargo, cuando volvieron al cabo de los días observaron que Nemo había adquirido una ligera coloración azul que fue intensificándose a lo largo de la jornada. Al principio lo tomaron a broma y hasta pensaron en cambiarle el nombre por el de Nemo Blue, pero cuando terminó el día, el pez había muerto.

Este hecho produjo en todos una honda impresión.

El proceso de análisis y resolución del caso relaciona los contenidos propios del estudio de las disoluciones con otros de carácter medioambiental como la calidad y escasez del agua. Por ello, se presentan conceptos relacionados con el ciclo del agua, el origen del agua de uso doméstico, los riesgos para la salud al consumir agua de baja calidad, los focos más frecuentes causantes de la contaminación del agua, los contaminantes químicos más habituales y los procesos de depuración del agua. La perspectiva ambiental del caso está dirigida a favorecer el desarrollo de actitudes sostenibles en relación al agua. Estas actitudes tienen varios puntos de vista, entre los que están: la necesidad de incluir nuestras actividades diarias como focos de contaminación del agua, la importancia de conocer que muchos de los productos que usamos habitualmente son contaminantes químicos del agua y la valoración de los métodos preventivos –disminución del consumo, mejora de los hábitos diarios– frente a los paliativos –depuración– (Decreto Foral 25/2007).

Los escenarios con sus preguntas temáticas y su finalidad quedan resumidos en la Figura 1.

*Figura 1: Preguntas temáticas y objetivos de cada escenario del caso ¿Quién mató a Nemo Blue?*



## Diseño del caso

En el diseño y elaboración del caso *¿Quién mató a Nemo Blue?* utilizamos, siguiendo las propuestas de Ogliastrì (1998), Stake (1998), Savin-Baden (2003) o Herried (1997), la siguiente metodología:

**1. Selección del caso y diagnóstico previo.** El proceso de diseño comenzó con la selección de la idea principal. Ya que este caso se iba a aplicar en un I.E.S de Navarra, se llevó a cabo una revisión de las noticias que sobre el problema del agua habían sido publicadas en los periódicos de la

Comunidad Foral. La revisión reveló que la mayoría de los episodios de contaminación de las aguas se producían por la contaminación de acuíferos con sustancias químicas usadas en las tareas agrícolas.

A continuación, se realizó el diagnóstico de la situación de partida; es decir, nos planteamos explorar los conocimientos y actitudes de los estudiantes de Secundaria Obligatoria relacionados con las aguas subterráneas. Para ello se elaboraron *ex novo* dos cuestionarios referidos a la problemática de contaminación de las aguas en general y de la contaminación de las aguas subterráneas en particular. Las preguntas de ambos cuestionarios se centraron en cuatro temas preferentes: las relaciones existentes entre la contaminación del agua y la salud, el origen de la contaminación de las aguas, los contaminantes químicos más habituales de las aguas y la gestión del agua contaminada.

El cuestionario de conocimientos estaba formado por diez preguntas que incluían cuestiones de respuesta abierta, de opción múltiple, y de realización e interpretación de dibujos y esquemas. Para el diagnóstico de actitudes se utilizó un cuestionario tipo Likert formado por 19 ítems y cinco grados de respuesta en el que se debía mostrar el grado de acuerdo o desacuerdo con los ítems planteados.

Ambos tests fueron validados con una muestra de 267 estudiantes, revelándose como instrumentos fiables para la tarea propuesta. Las características de los cuestionarios, el proceso de validación y los resultados han sido comunicados en anteriores trabajos de las autoras (LACOSTA GABARI, SÁNCHEZ GONZÁLEZ & FERNÁNDEZ MANZANAL, 2005 Y 2006).

Posteriormente, estos cuestionarios se aplicaron a los estudiantes de 3<sup>o</sup> de Secundaria con los que se analiza el estudio del caso que presentamos. De los resultados de los tests hemos extraído algunas conclusiones, relevantes para la aplicación del caso *¿Quién mató a Nemo Blue?* En lo que atañe a los conocimientos, constatamos que las aguas subterráneas resultan ser las grandes desconocidas, en su origen, distribución, afloramientos, etc. Respecto a las actitudes ambientales, entre los alumnos y alumnas de este nivel existe cierta preocupación sobre los aspectos más generales del problema como son la conveniencia de evitar la contaminación de las aguas y el apoyo a las actuaciones que los organismos públicos emprendan para disminuir el deterioro del medio ambiente. Asimismo, los estudiantes muestran su alta implicación en aspectos que relacionan la calidad del agua con la salud.

**2. Planteamiento del escenario.** Una vez conocida la situación de partida, debíamos mostrar un escenario que consiguiera alimentar la curiosidad de los estudiantes. Para ello, es importante que crean que son capaces de hacerlo y por eso elegimos como problema principal del caso el aspecto mejor valorado en el test de actitudes, es decir, la relación entre la contaminación del agua y la salud. Por otra parte, para fomentar su curiosidad, utilizaremos el objeto de conocimiento más desconocido, aquel en el que se han obtenido las valoraciones más bajas: la formación, circulación y consumo de las aguas subterráneas.

Otra característica del escenario es que sea creíble. Para aumentar la credibilidad del escenario centramos el caso en una experiencia local y, por ello, de todas las sustancias químicas que pueden contaminar un acuífero y generar un problema de salud, elegimos una que fuera utilizada de forma generalizada en las tareas agrícolas y que tuviera fácil formulación química. Nuestro escenario plantea un problema sobre la contaminación del agua subterránea con nitratos.

El diagnóstico previo nos indica la conveniencia de que el caso plantee un proceso en el transcurso del cual se avance desde los aspectos más generales de preocupación ambiental hasta los aspectos más concretos que impliquen la toma de postura de los estudiantes hacia el problema. Para conseguir esa concreción progresiva dividimos el caso en varias sesiones, constituyendo cada una, como ya se ha dicho, un caso en sí misma.

Por último, nos propusimos avanzar en las propuestas sostenibles que modifiquen las actitudes sobre el valor de los usos de los sistemas de descontaminación –como depuradoras–, para encaminarlas hacia la valoración de acciones con menor consumo de agua y disminución de los vertidos o productos contaminantes.

Teniendo en cuenta estos aspectos, planteamos el escenario en el seno de una pandilla de chicos y chicas de Educación Secundaria Obligatoria y adecuamos el caso al entorno en el que viven los estudiantes con los que se desarrolla la experiencia. El caso comienza con una breve descripción de la localidad (Cuadro 1) y continúa invitando a los estudiantes a pasar un día de campo al lugar en que sucede el incidente de la muerte de un pez. Se trata de un estanque alimentado con agua subterránea donde vive el pez, donde va adquiriendo una ligera tonalidad azul y donde, finalmente, muere. Los estudiantes deberán encontrar, en una primera instancia, la sustancia responsable de la muerte del pez, el origen de la misma, el mecanismo de llegada al acuífero y los factores que influyen en su concentración. En una segunda fase del estudio del caso, se pasará a ampliar el problema a otros contaminantes, otros focos y otros mecanismos de aportación de la sustancia.

Para acercar el caso todavía más al entorno, proponemos que los personajes se llamen como algunos de los estudiantes que intentan resolver el caso y que el nombre de la localidad donde ocurre el problema de contaminación sea el de la localidad en clave. La clave puede revelarse en la sesión número 6 *¡Yo no he sido! ¿O sí?* Los materiales de consulta suministrados están convenientemente contextualizados para favorecer la motivación.

**3. Selección y estructuración de los contenidos.** Los contenidos correspondientes al estudio de las disoluciones son los que marca el Decreto del Currículo para el nivel de Secundaria Obligatoria, tanto en sus aspectos conceptuales como de procedimientos y actitudes.

La selección de contenidos está dirigida a mejorar tanto las dificultades de aprendizaje señaladas por otros autores en el tema de las disoluciones (GÓMEZ CRESPO, POZO & SANZ, 1995; RAVIOLO, SIRACUSA, GENNARI & CORSO, 2004; STAVY, 1981) como las observadas por nosotras mismas a través de los cuestionarios previos y en nuestra práctica docente.

Todos los contenidos del caso se estructuran alrededor del concepto de sostenibilidad que actúa como idea-eje, sintetizando el resto de los contenidos y sirviendo de guía a lo largo del caso. Asimismo, se ha elegido como contenido organizador la contaminación de las aguas, y como contenidos soporte los correspondientes a cada sesión.

**4. Escritura del caso.** Como nos dice la literatura especializada (REYNOLDS, 1992; HERRIED, 1997), el texto debe ser corto, y el lenguaje sencillo y con diálogos para que la lectura sea fácil e interesante. En el caso que nos ocupa, primero se elaboró un guión con los supuestos nombres de los protagonistas y de la localidad, se especificó el problema central de la historia y sus posibles soluciones y, por último, se añadió el final del caso. También se comprobó que la información necesaria para resolver el caso fuera de fácil acceso.

A continuación, se formularon las preguntas temáticas que, como nos dicen los autores citados, deben ser claras, inequívocas y favorecer la reflexión. Para completar este paso, las preguntas se redactaron en términos de “quién”, el “cómo” y el “porqué”. Se planteó una pregunta temática para cada uno de los ocho escenarios, y estas cuestiones se ordenaron en función de su complejidad y de la progresiva capacidad de los estudiantes para resolver el problema.

La secuencia supone una ordenación atendiendo a tres clases o tipos de preguntas:

- Las que examinan acontecimientos: números 0, 1 y 2.
- Las que requieren información, evaluación, juicios y propuestas de soluciones: números 3, 4 y 5.
- Las que invitan a aportar nuevas ideas, formular conjeturas y juicios: números 6, 7 y 8.

Después se describieron las actividades de cada sesión, se pensó en las posibles respuestas y en las dificultades que podrían ir surgiendo. Como sabemos por Sánchez Bravo (2003), puede ocurrir que los estudiantes aborden el caso con interés pero no sepan cómo resolverlo; en tal situación, se les debe orientar en el análisis del material proporcionado o, si llega el caso, suministrarles material extra sobre algunos conocimientos, fundamentos teóricos o ejemplos relacionados con la situación planteada. También puede ocurrir que los estudiantes tengan la información adecuada pero carezcan de las estrategias de resolución. En este caso el papel del profesor consistirá en presentar el caso en forma más sencilla, realizar una lectura detenida con los estudiantes que presenten esta dificultad y ayudarles a identificar lo que se pide.

La programación implica controlar bien el tiempo de cada una de las etapas. En este sentido, siguiendo a Savin-Baden (2003), para el ejemplo que presentamos se realizó un cronograma de trabajo de cada sesión, según el cual los estudiantes deben estructurar su trabajo en las siguientes fases: *Presentación y lectura comprensiva del escenario; Definición del problema; Lluvia de ideas; Clasificación de las ideas; Formulación de los objetivos de aprendizaje, Investigación y Presentación y discusión de los resultados.*

**5. Selección y elaboración de los recursos.** La selección del material y de los recursos necesarios para el estudio del caso es una tarea que precisa de criterios didácticos y de un conocimiento del contexto de aprendizaje de los estudiantes. El resultado en nuestro caso se programó como se muestra a continuación.

**5.1.- Material de información para el alumno.** Se trata de seleccionar, elaborar y suministrar los datos necesarios para que los estudiantes dispongan de la información que necesitan para resolver el caso. Esta tarea corresponde fundamentalmente al profesor o profesora; sin embargo, en algunos casos, los estudiantes pueden completar esta información con medios o recursos a su alcance. En el Cuadro 2 presentamos algunos materiales básicos que pueden adaptarse según el contexto.

Cuadro 2. Materiales básicos que deben ser suministrados a lo largo del estudio de caso

SESIÓN	DOCUMENTO
Sesión 1	Mapa de la localidad. Factura de la compañía eléctrica. Factura del agua con los datos desglosados, (importe de abastecimiento y saneamiento). Condiciones de explotación de acuíferos. El precio del agua subterránea (ecologistas en acción).
Sesión 2	Contaminantes químicos del agua más habituales. Enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada. Origen de los contaminantes más habituales del agua. Análisis de agua con elevada concentración de nitratos. Relato de un incidente de contaminación por nitratos. Concepto de mezcla, tipos de mezclas, componentes de una mezcla, solubilidad y disociación de sales.
Sesión 3	Concepto de concentración de una disolución. Colección de problemas en los que se trabajan las conversiones g/l, % masa y % volumen. Guión de laboratorio preparado para medir la concentración de nitratos de una disolución acuosa.
Sesión 4	Contaminación puntual y difusa. Mecanismos de extracción de agua de un acuífero. Características y extensión de un acuífero. Mecanismos de llegada de sustancias al acuífero. Contaminantes diferentes a los nitratos que pueden llegar a un acuífero.
Sesión 5	Métodos de separación de los componentes de una mezcla. Depuración y potabilización. Guión de laboratorio.
Sesión 6	Esquema para completar el ciclo integral y local del agua en aquellos casos en los que se advierta que persisten las dificultades en su comprensión.
Sesión 7	Agua y sostenibilidad.

5.2.- *Elaboración del cuaderno de trabajo del alumno.* El cuaderno de trabajo consta de ocho escenarios. En cada uno de ellos aparece el escenario correspondiente seguido de las siguientes pautas: una actividad de resumen de la sesión anterior, actividades individuales de inicio en las que se expresan las ideas acerca del problema, actividades de desarrollo en grupo que ayuden a integrar los nuevos contenidos y, por último, actividades finales en las que los estudiantes preparan el desarrollo del debate y anotan las conclusiones.

5.3.- *Elaboración de la guía del profesor.* Esta guía contiene una copia del cuaderno del alumno y los instrumentos de evaluación por observación, que son el cuaderno de notas y una lista de control para la sesión en el aula o en el laboratorio. En el cuaderno de notas aparecen los datos más significativos de cada sesión, la pregunta temática de la sesión y un espacio para anotaciones descriptivas, reflexivas y anecdóticas. La lista de control de la sesión sirve para registrar la observación del trabajo individual, en grupo pequeño y en el debate, y la de laboratorio para registrar la observación en el laboratorio.

**6. Validez y fiabilidad.** La validación del caso permite asegurar la validez de los datos recogidos y garantizar un proceso de retroalimentación adecuado. Un caso tendrá resultados válidos si todos los procesos se controlan adecuadamente, desde el diseño del caso y el desarrollo del trabajo en el aula hasta el análisis de resultados y la evaluación (YIN, 2002).

Para asegurar la validez de contenido, el caso propuesto fue leído y comentado por el profesorado experto del área y nivel educativo de los estudiantes con los que se iba a desarrollar la experiencia. El objetivo era asegurarnos de que lo que se explica es entendido por diferentes tipos de personas de forma similar; es decir, asegurar la validez de los conceptos. Así mismo, se realizó una prueba piloto con 22 alumnos en la que se recogieron todas las preguntas, dudas y comentarios que realizaron los estudiantes durante esta aplicación. A partir de esta prueba se analizaron las observaciones realizadas por la profesora durante las sesiones y se anotaron las informaciones necesarias, los datos innecesarios, las redundancias, los errores de estilo y los errores de interpretación.

Como Yin señala, para avanzar en la fiabilidad se ha de llevar un registro riguroso de todos los procedimientos realizados, mediante la elaboración de un diario del profesor con el que se construye una base de datos con la información recopilada a lo largo de las distintas aplicaciones. Toda esta información garantiza que el caso pueda ser reproducido con éxito. Las sucesivas aplicaciones del caso en otros grupos y otros contextos a lo largo del tiempo producirán el proceso de *feed-back* necesario para asegurar la validez externa del caso.

**7. Evaluación.** El diseño del caso no concluye hasta que no se preparan las estrategias de evaluación correspondientes (LÓPEZ, 1987). El proceso de la evaluación incluye conocer qué vamos a evaluar, cuándo, quién es el responsable de dicha evaluación y qué instrumentos vamos a utilizar. La evaluación del caso *¿Quién mató a Nemo Blue?* se ha realizado combinando estrategias reactivas, como los trabajos escritos entregados después de cada sesión, una prueba escrita al final del caso y un informe de laboratorio al final de las sesiones 3 y 5, con estrategias no reactivas como la observación y registro que el profesor o profesora realiza en las actividades individuales, grupales y de debate.

## Algunas conclusiones y perspectivas

El estudio del caso presentado se ha experimentado con estudiantes de tercero de E.S.O. durante los cursos 2004-2005 y 2005-2006. Del trabajo realizado podemos extraer las siguientes conclusiones y perspectivas:

1. Es posible diseñar y validar un caso para trabajar contenidos científicos correspondientes al estudio de las disoluciones en ESO. Además, con *el estudio del caso* se pueden abordar contenidos ambientales que contribuyan a mejorar las actitudes ante las acciones que contaminan las aguas en general, y las aguas subterráneas en particular.

2. El caso ayuda a mejorar alguna de las competencias básicas en las que se propone avanzar la nueva Ley de Educación, como la lectura y comprensión de textos, el planteamiento de hipótesis, la planificación de experiencias, la exposición oral o la búsqueda de argumentos para las respuestas.

3. El caso es adaptable a otros entornos variando el escenario principal y manteniendo el contenido organizador, los contenidos soporte y el eje direccional del caso.

4. Los problemas que puede plantear el trabajo con el caso son las dificultades de los estudiantes para identificar el problema central o el desvío hacia temas de menor importancia o hacia vías muertas. Otras dificultades están relacionadas con el papel del profesor, como el aumento de trabajo que implica el diseño y la posterior aplicación del caso. Sin embargo, podemos decir que el aumento de trabajo es importante en los primeros estadios del estudio del caso, pero, con el tiempo, el proceso alcanza cierta estabilidad y la tarea se aligera considerablemente.

5. Este tipo de diseño puede aplicarse a otros contenidos del currículo para conseguir que el trabajo con casos sea el eje estructurador de un curso. También puede implementarse para ser aplicado en otros niveles de Educación Secundaria.

La puesta en práctica del *estudio de casos* implica una retroalimentación continua, tanto del caso mismo como de su aplicación. Animamos a otros profesores a que adapten este caso a otras localidades y niveles educativos para que el esfuerzo empleado muestre su validez en nuevos contextos y con diferentes muestras.

## Referencias bibliográficas

- BENET, E. (2007). "Finalidades de la Educación Científica en Secundaria". *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- BROPHY, J. (2001). "Subject-Specific Instructional Methods and Activities". En J. BROPHY (ed.), *Advances in Research on Teaching Series*, 8. New York: JAI Press, 1-23.
- CRESPO, R. F. (2000). "The Epistemological Status of Managerial Knowledge and the Case Method". En Second ISBEE World Congress *The Ethical Challenges of Globalization*. Proceedings Latin America, 210-218.

- DE MIGUEL, M. (2006). "Modalidades de Enseñanza centradas en el desarrollo de competencias". En M. DE MIGUEL (coord.), *Orientaciones para promover el cambio metodológico en el marco del EEES*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- EIJKELHOF, H. M. & MILLAR, R. (1988). "Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity". *School Science Review*, 70, 35-41.
- ESPAÑA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2007). *Programa A.G.U.A.* www.mma.es/ secciones/agua (acceso: noviembre 2007).
- GABEL, D. & BUNCE, D. (1994). Research on Problem solving: chemistry. En GABEL, D. (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: MacMillan.
- GIBBS, W.W. & FOX, D. (2000). "Enseñanza de las ciencias". *Investigación y Ciencia*, 282, 77-81.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. & MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991) *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.
- GÓMEZ CRESPO, M., POZO, J. & SANZ, A. (1995). "Students' ideas on conservation of matter: effects of expertise and context variables". *Science Education*, 79(1), 77-93.
- GÓMEZ GARCÍA, J. A. & INSAUSTI, M. J. (2005). "Un modelo para la enseñanza de las ciencias: análisis de datos y resultados". *Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 1-20.
- HERRIED, C. F. (2005). *Using Case Studies to Teach Science*. American Institute for Biological Sciences. <http://actionbioscience.org/education/herried.html>
- HERRIED, C. F. (1997). "What makes a good case?" *Journal of College Science Teaching*, 27(3), 163-165.
- KEEVES, J. (1998). "Methods and Processes in Research in Science Education". En FRASER, B. J. & TOBIN, K. G. (eds.), *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1127-1153.
- LACOSTA GABARI, I., SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M<sup>a</sup> D. & FERNÁNDEZ MANZANAL, R. (2005). *Elaboración y validación de un Cuestionario para medir las actitudes de los alumnos de ESO hacia los Fenómenos de Contaminación de las Aguas*. Comunicación. I Jornadas sobre la Enseñanza de la Química, 14-16 octubre 2005, Palma de Mallorca, España.
- LACOSTA GABARI, I., SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M<sup>a</sup> D. & FERNÁNDEZ MANZANAL, R. (2006). *Los Conocimientos de los Alumnos de Secundaria sobre los Fenómenos de Contaminación de las Aguas*. Comunicación. XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 13-16 septiembre 2006, Universidad de Zaragoza. España.
- LEMKE, J. L. (2006). "Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir". *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 5-12.
- LÓPEZ, A. (1997): *Iniciación al análisis de casos, una metodología activa de aprendizaje en grupos*. Bilbao: Mensajero.
- MARTÍNEZ, A. & MUSITU, G. (1995). *El estudio de casos para profesionales de la acción social*. Madrid: Narcea.
- MENDOZA, A. (2006). *El Estudio de caso. Un enfoque cognitivo*. Sevilla: Trillas.
- OGLIASTRI, E. (1998). *El Método de Casos*. Serie Cartillas para el docente ICESI. Cali: Publicaciones de CREA.
- POZO, J. I. & GÓMEZ CRESPO, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- RAVIOLO, A., SIRACUSA, P., GENNARI, F. & CORSO, H. (2004). "Utilización de un modelo analógico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados". *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), 379-388.
- REYNOLDS, J. I. (1992). *El método del caso y la formación en gestión. Guía práctica*. Valencia: IMPIVA.
- RODRÍGUEZ BARREIRO, L. M<sup>a</sup>., FERNÁNDEZ MANZANAL, R. & ESCUDERO, T. (2002). Aprendizaje entre iguales y construcción de conceptos. *Infancia y aprendizaje*, 25(3), 277-297.
- SANCHEZ, J. A. & BRAVO, J. L. (2003). "Innovaciones didácticas en aulaweb: el estudio de casos en la titulación de ingeniería técnica topográfica". En Actas de Jornadas de *Nuevas Tecnologías en la Innovación Educativa*, 209-217. Madrid: ETS Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica. <http://www.dii.etsii.upm.es/ntie/programa.html>
- SÁNCHEZ NÚÑEZ, J. A. (2002). *El Estudio de Casos*. Presentado en el Curso Estrategias Metodológicas para dinamizar el aula universitaria, 11-12 enero 2002. Universidad de Valladolid.

- SAVIN-BADEN, M. (2000). *Understanding and utilising problem-based learning strategically in higher education*. Paper presented at 8<sup>th</sup> Improving Students Learning Symposium “Improving Student Learning Strategically”, 4-6 September 2000. UMIST, Manchester, UK.
- SAVIN-BADEN, M. (2003). *Facilitating Problem-Based Learning. Illuminating Perspectives*. Glasgow: SRHE.
- STAKE, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- SLAVIN, R. E. (1975). *Cooperative Learning*. Boston: Allyn and Bacon.
- STAVY, R. (1981). “Teaching inverse functions via the concentrations of salt water solution”. *Archives de Psychologie*, 49, 267-287.
- TINGLE, J. B. & GOOD, R. (1990). “Effects of Cooperative on Stoichiometric Problem Solving in High School Chemistry”. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, (7) 671-683.
- VÁZQUEZ, A. & MANASSERO, M. A. (1995). “Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual”. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337-346.
- YIN, R. K. (2002). *The Case Study Research: Design and Methods*. Newbury Park: Sage Publications.
- ZABALA, A. & ARNAU, L. (2007). *Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.