

Este trabajo gira en torno a la investigación de cómo un grupo de alumnos y alumnas de 4º de E.S.O. construye conocimiento significativo sobre la contaminación del agua. Este proceso se integra en un marco de conocimiento más amplio que tiene como referentes principales el desarrollo de procesos de investigación por parte del alumnado, el tratamiento de las nociones ecológicas desde el campo disciplinar, el análisis de la problemática ambiental relacionada con el agua, y el papel de los conocimientos y comportamientos de las personas respecto a esta problemática. En relación a todo ello se reflexiona sobre las características que ha de tener un modelo didáctico que permita la construcción de conocimiento significativo sobre la problemática ambiental, guiado por los principios que aportan las perspectivas constructivistas del aprendizaje y la perspectiva epistemológica de la complejidad.

PALABRAS CLAVE: *Didáctica de la contaminación del agua; Construcción del conocimiento; Paradigma de la complejidad; Investigación del alumno.*

La contaminación del agua: una propuesta para trabajar de forma funcional y significativa en la educación secundaria

pp. 47-63

M^a Isabel Cano Martínez*

I.E.S. Cavaleri. Mairena del Aljarafe (Sevilla)

Introducción

Algo imprescindible para que se produzca el aprendizaje es que el asunto que se aborde en la enseñanza tenga sentido para el alumnado, que chicos y chicas conozcan y asuman la finalidad del trabajo que desarrollan y sepan encuadrar sus tareas dentro de un proceso cargado de lógica para ellos. No puede ser aprendido algo que no se busca, algo sobre lo que uno no se pregunta, o carente de significación; tampoco se puede construir un determinado conocimiento si no se encuentra el gusto y las ganas para hacerlo. Aunque esto puede resultar obvio, deja de serlo si pensa-

mos en cómo se acerca el alumnado, de forma general, al conocimiento en el marco de la institución escolar en secundaria. Chicos y chicas se enfrentan cada curso escolar a un conjunto de conocimientos que les son ajenos, sobre todo, porque carecen de sentido en su vida: son conocimientos impuestos, no se vinculan a intereses, informaciones o ideas manejadas por ellos y ellas de forma cotidiana; por su lejanía conceptual y afectiva apenas tienen nada que decir sobre los mismos, ni tampoco sobre la forma en la que se trabajan. Ante un divorcio tan patente entre los intereses del alumnado de secundaria y la enseñanza actual, entre la cultura e intereses de

* E-mail: isabelcanao@yahoo.es

✉ Artículo recibido el 10 de septiembre de 2007 y aceptado en octubre de 2007.

nuestra sociedad y la cultura que predomina en la escuela (Cano y Cañal, 2006), se sitúa la importancia de potenciar una educación para el futuro (Morin, 1999), una educación que incorpore de forma no superficial el análisis de los problemas que se dan en nuestro mundo –problemas complejos–, y desarrolle la autonomía de pensamiento y acción en los jóvenes. La presente propuesta tiene como marco la investigación de nuevas formas de entender y desarrollar el currículum en la educación secundaria, y en concreto propone la idea de vertebrar el programa de ciencias de la naturaleza en torno al tratamiento de objetos de estudio relacionados con la problemática ambiental.

Aunque las propuestas de introducir la problemática ambiental en el entorno escolar no son una novedad, la inversión de recursos en este campo no ha dado como resultado una transformación real de la educación en la dirección en la que apuntaban los principios y directrices marcados por conferencias y foros internacionales sobre Educación Ambiental (E.A.); es por ello que treinta años después del Seminario Internacional de E.A. de Belgrado, en el que se establece un marco para el desarrollo de la educación relativa al medio ambiente, considero pertinentes preguntas como las siguientes: ¿Qué enfoque y características didácticas han de tener las propuestas de E.A. para permitir desarrollar los objetivos que se marca? ¿Cómo facilitar el conocimiento significativo de los problemas actuales de nuestro mundo? ¿Cómo promover la implicación personal de los aprendices respecto a dicha problemática? ¿Cómo trabajar los problemas ambientales en la educación secundaria integrando este conocimiento en los contenidos curriculares? Creo que éste es un debate de interés no sólo entre el profesorado sino entre todos los implicados en la E.A.: expertos en el tema, monitores ambientales, técnicos de distintas administraciones, etc.

La investigación que estoy realizando desde hace tres años está guiada por estas preguntas; se fundamenta en las perspectivas constructivistas del aprendizaje (Cubero, 2005; García y

Cano, 2006); en la perspectiva de la complejidad (García, 2004a y 2004b; Bonil y otros, 2004); y en el modelo didáctico de Investigación en la Escuela (García Pérez, 2000); metodológicamente toma la forma de estudio de un caso: el desarrollo de una programación didáctica sobre *La contaminación del agua y los ecosistemas* en un curso formado por veinte chicas y chicos de 4º de E.S.O. Este trabajo me está permitiendo conocer cómo se produce la construcción de dichos conocimientos en un colectivo adolescente; las dificultades que encuentran en el proceso; y el grado de adecuación de las estrategias y recursos didácticos que he utilizado en su desarrollo.

Algunas decisiones tomadas sobre el qué enseñar

Mi intención en la enseñanza es que chicos y chicas aprendan que en cualquier problema ambiental objeto de estudio se puede delimitar un amplio conjunto de elementos y relaciones que aunque presentes en situaciones cotidianas, familiares y concretas están conectados, también, con otras situaciones escalaramente más amplias y globales; quiero que comprendan que las personas, cada uno de nosotros y la sociedad en general, se sitúa y participa del engranaje de dicha problemática; y pretendo que vayan situándose, en su vida cotidiana, como personas progresivamente más reflexivas, activas y comprometidas con su propio sistema de ideas. Junto a todo ello creo importante facilitarles el análisis de situaciones desde distintas perspectivas y el progreso hacia ideas mucho más relativistas y completas de la realidad.

Dos de las decisiones que he tomado sobre los contenidos en esta unidad didáctica son: a) realizar la selección de contenidos partiendo de distintas fuentes de conocimiento: la problemática ambiental, las disciplinas científicas y el conocimiento presente en nuestro alumnado y en la sociedad en general (García Pérez, 2000); y b) trabajar con un instrumento didáctico muy útil en la enseñanza: *las hipótesis de*

progresión (García, 1998) ya que entiendo que la construcción de conocimientos por parte del alumnado es un proceso progresivo, en el que pueden establecerse distintas etapas marcadas por formas diferentes de comprender bien un concepto, procedimiento, etc.; desde este punto de vista, prever por mi parte de forma hipotética ese proceso facilita su enseñanza y su aprendizaje.

Respecto a la selección de los contenidos, en la figura 1 aparece el conocimiento escolar elegido sobre la problemática ambiental en torno al agua; en la figura 2 el seleccionado desde la perspectiva disciplinar sobre los ecosistemas. Por otro lado, las ideas más relevantes del conocimiento cotidiano sobre la problemática de la contaminación del agua (García, 1999) y los ecosistemas (García, 1997) me han orientado a establecer los niveles iniciales en los que se puede encontrar mi alumnado al iniciar la intervención didáctica. Ahora bien, ¿Cómo se interrelacionan y se integran esos diversos contenidos para establecer el conocimiento escolar deseable? ¿Qué papel ocupa el conocimiento disciplinar ecológico en el tratamiento de los contenidos en esta unidad didáctica? ¿Cuál es la función del conocimiento del alumnado en todo este proceso?

Evidentemente el contenido que manejamos en clase, en la secuencia de actividades, se refiere a la problemática ambiental en torno al agua; trabajamos sobre el agua que gastamos en casa, los productos que le añadimos, los destinos del agua una vez usada, los cambios que se producen en la masa de agua si ésta llega a un río, cómo afectan esos cambios a los organismos del río, cómo es un río contaminado, etc. Como puede apreciarse los temas de trabajo están sujetos a una progresión desde lo más cercano y evidente, el estudio del agua que consumimos en las tareas domésticas, hasta otros más alejados y complejos como la repercusión de un vertido en el conjunto de organismos que habitan un río. Por otro lado, la integración del enfoque disciplinar ecológico no sólo consiste en introducir en la secuencia de temas los relacionados con el estudio de ecosistemas concretos, sino que supone mu-

cho más: la perspectiva ecológica disciplinar aporta en esta unidad sus conceptos de análisis como disciplina tanto para el estudio de la contaminación del agua, como para el estudio de determinados medios acuáticos. El concepto de diversidad de elementos, o de interacción, que son conceptos básicos formulados en la trama ecológica (ver fig. 2) están presentes y pueden ser abordados tanto en el estudio de la contaminación del agua en casa como en el estudio del río; ¿cuántos factores tiene en cuenta un chico para determinar que un agua está contaminada?; o ¿cuántos elementos del río pone en relación una chica para decidir cómo le afecta un vertido?; el análisis de sus respuestas me lleva a decidir cómo está concibiendo cada alumno o alumna, o el grupo en general, el sistema objeto de estudio: bien como un fenómeno o medio poco diverso, aditivo y simple; bien como un sistema en interacción; o bien en cualquiera de sus múltiples concepciones intermedias. En la propuesta didáctica que he elaborado, los conceptos ecológicos están al servicio del análisis de determinados procesos, no son un contenido de trabajo en sí mismo, sirven para analizar cómo el alumnado va comprendiendo realidades cercanas y concretas progresivamente con más riqueza y complejidad, y mayor nivel de abstracción. La trama de conceptos ecológicos está en la base —como hilo argumentativo— de la trama de problemas sobre la contaminación del agua que se trabajan en clase —el hilo narrativo—, ya que son éstos los que tienen sentido y significación para el alumnado.

La segunda decisión adoptada se refiere a la elaboración de hipótesis de progresión en la construcción de los conocimientos; en esta tarea adquiere un papel fundamental el conocimiento cotidiano del que parte el alumnado, así como las formas diversas e intermedias de dar significado al problema ambiental del agua. Si el conocimiento disciplinar marca para mí el universo de conceptos posibles a trabajar y me ofrece la perspectiva desde la cual analizar las ideas de chicas y chicos; los estudios sobre el conocimiento cotidiano me orientan sobre el nivel de partida del alumna-

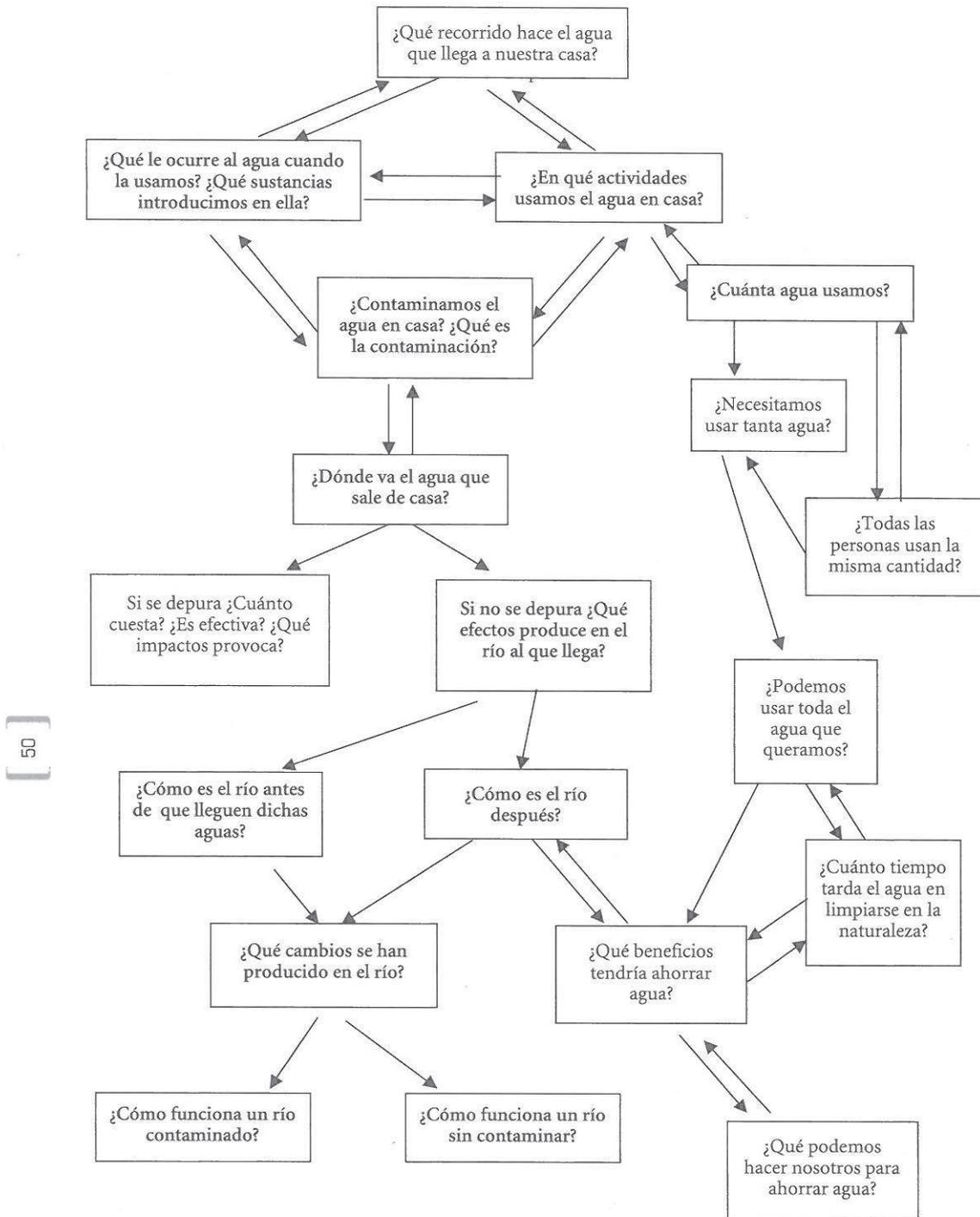


Figura 1. Posibles preguntas de investigación sobre la contaminación del agua.

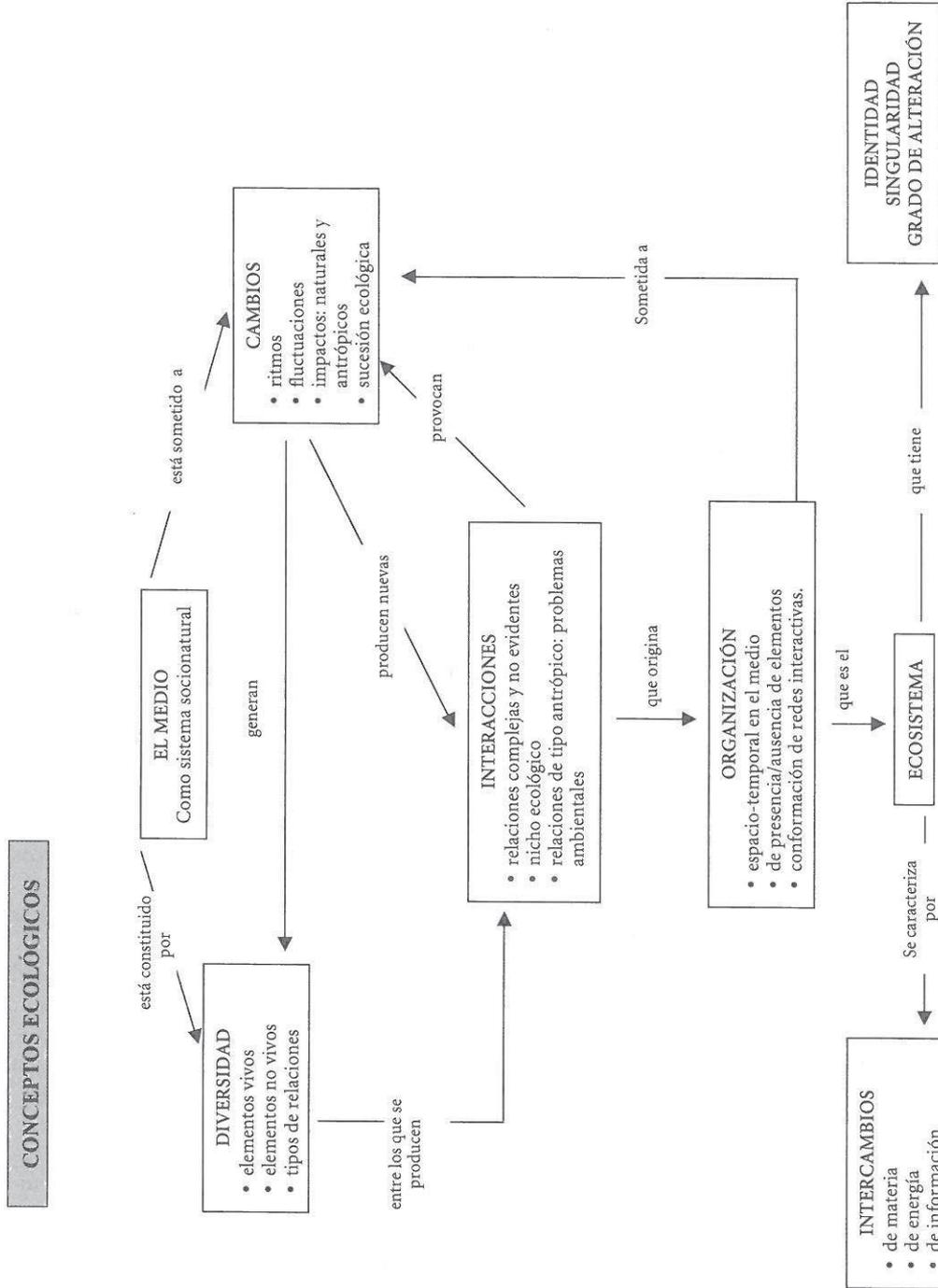


Figura 2. Conceptos ecológicos.

do y me sugieren la dirección en la que trabajar. De forma similar he tratado el conocimiento relacionado con los procedimientos y las actitudes; lo que finalmente me ha conducido a establecer en la unidad unos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que creo serían los deseables en el transcurso del proceso de enseñanza y aprendizaje. A la vez, y de forma complementaria, he establecido una hipótesis de progreso con varias etapas, o niveles de formulación, que parte del conocimiento inicial o cotidiano, hasta llegar al deseable desde el punto de vista escolar; nunca entendiendo este último con el nivel de complejidad con el que se formula el conocimiento desde las disciplinas científicas.

De acuerdo con la selección de los contenidos he elaborado hipótesis de progresión en cinco ámbitos diferentes –cinco macrocategorías–; esto me va a permitir analizar cómo evoluciona el conocimiento de los chavales en dichos ámbitos; éstas son las siguientes:

1. La concepción del alumnado sobre la organización y la causalidad presentes en el fenómeno de la contaminación del agua.
2. El grado de relativismo con el que entienden el fenómeno.
3. El grado de compromiso personal con el problema en cuanto a sus actividades cotidianas.
4. Las destrezas metacognitivas de planificación, evaluación y control de los procedimientos que aplica en sus investigaciones, así como en su propio aprendizaje.
5. Las destrezas de investigación y comunicación que aplica en la resolución de problemas relacionados con la contaminación del agua.

Cada uno de estos grandes ámbitos se concreta para su estudio en varias dimensiones de análisis; o dicho de otra manera, cada macrocategoría se analiza a través de diversas categorías más específicas. Por ejemplo, la macrocategoría 1 es analizada a través de las siguientes categorías:

- 1.1. Número de indicadores considerados en la idea de contaminación del agua.
- 1.2. Grado de centramiento en lo evidente en relación con los indicadores utilizados.

1.3. Grado de centramiento en lo próximo y evidente en relación con las consecuencias de la contaminación para los seres vivos y el ecosistema.

1.4. Grado de multicausalidad con el que describen el fenómeno.

1.5. Grado de organización del sistema en función de las relaciones establecidas entre los elementos considerados.

Para cada una de estas categorías he elaborado una hipótesis de progresión de las ideas del alumnado basándome en una serie de indicadores que establezco teniendo como referentes la perspectiva de la complejidad (García 2004b; Bonil y otros, 2004b) y la idea de enriquecimiento del conocimiento cotidiano en el marco de las perspectivas constructivistas del aprendizaje (García, 2004a). Por ejemplo, la hipótesis de progresión que establezco para la categoría 1.2: Grado de centramiento en lo evidente para decidir sobre la contaminación del agua se basa en los siguientes indicadores:

- a) Sólo se reconoce lo evidente y próximo de percepción directa para decidir sobre si un agua está o no contaminada. Por ejemplo, basuras, suciedad, etc.
- b) Se reconoce que la presencia de un determinado elemento evidente puede influir en la contaminación del medio aunque ésta no se perciba directamente. Por ejemplo, cómo una pila en el agua puede echar productos tóxicos que no observamos.
- c) Se reconocen elementos o características del mesocosmos que no son directamente perceptibles. Por ejemplo, la temperatura, la cantidad de materia orgánica, o la transparencia del agua.
- d) Se reconocen elementos del mesocosmos y del microcosmos. Por ejemplo, junto a los elementos anteriores, la cantidad de oxígeno, o de hongos y bacterias que tiene el agua.
- e) Se reconoce que en un evento cualquiera están presentes, simultáneamente, los dos niveles: meso y micro. Por ejemplo, cómo un vertido de materia orgánica hace aumentar las poblaciones de descomponedores y esto a su vez hace disminuir la concentración de oxígeno en el agua, lo que lleva al descenso de poblaciones animales.

f) Se reconoce que en un evento cualquiera están presentes, simultáneamente, los tres niveles: macro, meso y micro. Por ejemplo, si lo anterior se conecta con los ciclos biogeoquímicos en el planeta.

Como puede observarse, las hipótesis de progresión formuladas para cada una de las categorías además de facilitar la orientación de la enseñanza, también me permiten analizar la evolución de los aprendizajes de mi alumnado, así como evaluar la adecuación de la propia hipótesis de progresión en el desarrollo de la intervención en el grupo.

El desarrollo de la programación didáctica

La investigación ha sido el principio didáctico que ha guiado el desarrollo del trabajo en el aula, los temas fueron formulados a modo de preguntas y éstas, junto con las ideas del alumnado sobre ellas, han orientado el quehacer en el grupo. La secuencia de temas trabajados puede observarse con letras en negrita en la fig. 1.; pero para tener una idea de las estrategias didácticas puestas en juego y de las dinámicas creadas en el aula pienso que puede ser ilustrativo recurrir a la narración de escenas reales de clase. Veamos algunas de estas escenas.

La gestión del proceso de enseñanza-aprendizaje: un proceso compartido

Una de las primeras actividades que se desarrollan es la elaboración de un texto individual sobre el significado que tiene para cada uno el agua contaminada y el problema socioambiental que genera; tras ponerlos en común en clase, y considerar el acuerdo unánime sobre la idea de que nosotros de forma cotidiana contaminamos agua; les propongo que, situándonos en el contexto del hogar, formulen sus dudas y sus preguntas sobre la contaminación del agua; que definan qué les gustaría saber. Al hilo de esta propuesta van expresando las dudas surgidas en el debate de sus textos, todas se escriben en la piza-

rra; y se analiza la pertinencia y el interés de cada una para desarrollar una investigación sobre este tema; después se ordenan y el resultado es el siguiente:

1. *¿En qué tareas domésticas contaminamos agua?*
2. *¿Cuánta agua se contamina en cada tarea doméstica?*
3. *¿Con qué sustancias contaminamos el agua?*
4. *¿Qué cantidad de contaminantes echamos al agua?*
5. *¿Qué cantidad de agua contaminamos diariamente en casa?*
6. *¿Es necesario contaminar esa agua?*
7. *¿Qué repercusiones tiene en el exterior la contaminación del agua?*
8. *¿De qué manera se puede evitar la contaminación?*

Sugiero entonces que este puede ser el primer tema de nuestra unidad didáctica: "Investigación de los usos y la contaminación del agua en casa". Se muestran completamente de acuerdo.

Como puede observarse en las decisiones que se toman en clase están presentes de forma conjunta las ideas mías como profesora y la de mi alumnado; esto no significa que se *estudie* lo que a chicos y chicas *les de la gana*, lo que se encuadraría dentro de un modelo espontaneísta o activista –muy alejado de mi propuesta– significa más bien que los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que voy a abordar son susceptibles de ser tratados a partir de preguntas diferentes en torno a la contaminación del agua. En mi programación didáctica se desarrolla una trama abierta de posibles preguntas de investigación (fig. 1) conectadas unas con otras, de forma no estrictamente jerárquica, de tal manera que en la intervención didáctica se puede *viajar* por esa trama con gran facilidad (García, 2004; Cano, 2005). En la escena anterior el alumnado concreta una serie de preguntas de dicha trama y el valor de dicha concreción radica, por un lado, en que participa de forma activa en su proceso de aprendizaje, y, por otro, en que las preguntas formuladas manifiestan el nivel de partida de sus ideas e intereses en el tema, es un

magnífico indicador en una enseñanza entendida desde la perspectiva constructivista del aprendizaje.

A partir de ahí desarrollamos un proceso de investigación, en el que se complementan diferentes tipos de tareas: actividades empíricas de recogida de información en casa sobre los volúmenes de agua consumidos; los productos que se mezclan en ella, ...; de observación directa en el laboratorio sobre la evolución de las mezclas de agua con diferentes sustancias que se añaden en el hogar; de construcción de modelos sobre lo que ocurre en un edificio de viviendas en el que de todas ellas salen aguas residuales a una tubería común hacia la calle, ...; de búsqueda de información documental sobre diferentes temas planteados en el proceso; de debate compartido en clase sobre cada una de las ideas centrales trabajadas; de elaboración de diseño experimentales y observacionales para comprobar determinadas hipótesis; de salidas al medio para analizar un río contaminado y otro no contaminado; ... y un largo etcétera. En todas ellas la acción y la reflexión han sido un denominador común y, mediadas por mi intervención, han conformado todo el proceso seguido.

54

La construcción del concepto de contaminación del agua: un proceso de creación personal y colectivo

Uno de los principios del aprendizaje significativo es que el alumnado es actor protagonista de su aprendizaje (Pozo, 1996; Coll, 1996); en relación a ello me gustaría llamar la atención sobre el hecho de que la construcción de conocimiento por parte de chicos y chicas se constituye en un auténtico proceso creativo, de invención de formas de entender la realidad distintas hasta ese momento para ellos y ellas. En este proceso de *recreación* de ideas y formas de proceder no se produce la sustitución clara y neta de unos conocimientos por otros; con mucha frecuencia sus primeras ideas acerca de un determinado tema no son necesariamente descartadas por otras, sino que, a veces, es un proceso más plástico y sus conocimientos ini-

ciales van tomando nuevas formas, se enriquecen con nuevos matices, se van haciendo más complejas en el transcurso del proceso formativo. Y no hay reglas sobre los ritmos, un proceso de cambio puede darse de forma rápida a veces, y otras la evolución es lenta, no hay homogeneidad entre los componentes del grupo; aunque sí bastante sintonía porque se va construyendo una cultura del grupo, un universo de ideas, que permite la interacción y la construcción personal y colectiva. Veamos un ejemplo concreto referido a la evolución del concepto de contaminación del agua en una chica del grupo: Sofía; el primer texto que ella escribe sobre el agua contaminada es el siguiente:

“Un agua está contaminada cuando tiene vertida en ella residuos tóxicos, basura, ... Esto puede dañar a los seres vivos que viven o utilicen esa agua. Todo el mundo contamina. Podemos contaminar tirando basura al agua, las empresas que vierten sus residuos a los ríos, ... La contaminación del agua me parece bastante mal porque con su contaminación mueren muchos seres vivos, tanto personas como animales”.

Podemos observar como la idea de contaminación de agua que tiene esta chica, al inicio del proceso, presenta una serie de características como son: a) considerar dos variables que nos indican la contaminación del agua: los residuos tóxicos y las basuras, ambas son variables evidentes y de percepción fácil y directa; b) admitir como causas de la contaminación “arrojar” productos directamente al agua –bien nosotros, bien las industrias–; c) pensar que la contaminación no sólo repercute negativamente en las personas sino también en los animales; d) establecer relaciones causa-efecto simples y lineales entre elementos “la contaminación produce muerte”; y e) considerar la contaminación del agua desde una perspectiva absoluta, no relativista: “si el agua está *así* está contaminada”.

A partir de las ideas de contaminación del agua de cada uno de los chicos y chicas de la clase se desarrolla un repertorio de actividades comentado en párrafos precedentes, y un mes y medio después, ante mi demanda de que explique cómo han evolucionado sus ideas en este tiempo, Sofía describe así dicha evolución:

“Yo, en las primeras clases pensaba que cuando un agua está contaminada tiene vertidos en ella residuos tóxicos, basura, etc. Y que esto puede dañar a los seres vivos que viven o usan esa agua. Entonces mi concepto de contaminación era negativo ya que se dañaba a muchos seres vivos tanto personas como animales. También pensaba que suciedad era igual a contaminación, toda agua sucia estaba contaminada.

Luego creí con bastante seguridad que el agua que tiene más que H₂O está contaminada y por lo tanto toda el agua del planeta estaba contaminada, pero si toda el agua estaba contaminada habría aguas que lo estaban pero no nos perjudicaban a las personas ni a los animales. Para mí agua con azúcar está contaminada y sucia pero no me hace daño, en cambio agua con lejía sí me haría daño y a cualquier ser vivo que la consumiese o utilizase. Mi concepto de contaminación ya era negativo dependiendo de qué llevase el agua. También creía que un agua estaría más contaminada y haría más daño mientras más productos químicos llevase, ya que estos desde mi punto de vista eran nocivos y tóxicos.

Ahora pienso que un agua está contaminada cuando se le añade sustancias diferentes a las de su estado inicial y que cuando esta alteración no permite que se siga usando para lo que se estaba utilizando”.

En este texto se puede constatar la evolución de las ideas de Sofía respecto a la relativización del concepto de contaminación: a) discute que un agua “sucia” –para ella– pueda estar contaminada para otros seres vivos; b) discute su idea acerca de que todo producto químico sea un productos tóxico; c) vincula el concepto de contaminación a los usos que puedan hacerse del agua; y d) sitúa el foco del concepto de contaminación no en las sustancias que contiene el agua, sino en el cambio producido en la misma.

Sin embargo, es después de trabajar sobre dos ríos: uno contaminado por aguas residuales y otro sin este tipo de contaminación y de abordar los conceptos ecológicos básicos a nivel escolar cuando Sofía describe, de esta forma, qué podría ocurrir en un río en el que se produce un vertido de alpechín:

“Cuando el alpechín se mezcla con las aguas del río una parte, que sería el hueso y la piel de la aceituna se hunden y la otra que sería un líquido aceitoso se quedaría flotando, provocando que haya menos transparencia que antes. Lo que se hundió, se

habrá dispuesto encima de plantas o lugares de cobijo de otros seres vivos formando una capa. Las plantas al tener menos transparencia y al estar cubiertas no realizarán bien la fotosíntesis y la cantidad de oxígeno bajará. Algunos animales que no puedan vivir con esa baja cantidad de oxígeno morirán, alimentando a hongos y bacterias, la actividad de éstos gastará más oxígeno todavía y aumentará el de CO₂ en provecho de las plantas. El líquido aceitoso de la superficie se unirá en una gran mancha, como hacen todos los aceites, y estará menos esparcido, permitiendo que entre más luz en otras zonas, pero muchísimo menos en otras. Las plantas aumentarán su población al tener menos depredadores y eso hará que aumente la de los demás seres vivos bajando la de los hongos y bacterias”.

Este texto ilustra una nueva forma de entender el concepto de contaminación y sitúa las ideas de Sofía con un mayor grado de complejidad y relativización: a) aumenta de forma significativa el número de variables que tiene en cuenta en el proceso de contaminación, así como la naturaleza de las mismas, ahora maneja variables no evidentes pertenecientes al mundo microscópico; b) aumentan de forma significativa las relaciones que se producen entre todas las variables consideradas, estableciendo un bucle de realimentación en el que implica a plantas, animales, hongos y bacterias; y c) relativiza la idea de cambio catastrófico e irreversible asociado a la contaminación.

Los procedimientos de investigación: un asunto ignorado en los procesos de construcción de conocimientos

Una vez elaboradas las preguntas sobre la investigación del agua en el hogar y formuladas las hipótesis individuales y del grupo sobre ellas, propongo en clase que elaboren un plan de trabajo para comprobar si sus hipótesis son más o menos ciertas. Lo primero que me sorprende es la cara de perplejidad de algunos alumnos, el desconcierto de otros, ... y la pregunta unánime “...pero ¿qué es eso de un plan de trabajo?”, estamos como al final de la clase y trato de explicarles con algunos ejemplos en qué consiste hacer un plan que sirva para comprobar algo que –sólo- creemos. Al día siguiente seis alumnos no

traen realizada la actividad porque dicen que no saben qué tenían que hacer; una alumna: Marisa, sí lo ha intentado y su plan de trabajo es el siguiente:

“– Intentar ver de qué forma podemos gastar menos agua y menos productos.

– Buscar otros productos que contaminen menos.

– Buscar la forma de que cuando el agua salga de nuestras casas no vaya al río sino a otro lugar para depurarla.”

Evidentemente Marisa no comprende qué es un plan de trabajo que sirva para comprobar si lo que ella piensa sobre el gasto y la contaminación del agua en su casa es cierto o no; ella, como buena alumna, se limita a realizar lo mejor que puede un ejercicio que ha mandado su profesora; y si estamos estudiando la contaminación del agua –con el grave problema que es–, lo correcto será hacer una propuesta de actuaciones que minimicen el problema. ¿Qué sentido tiene para Marisa realizar una investigación? Ninguno, ella ya sabe que es un grave problema, ... y todos los tópicos transmitidos en los medios de comunicación se lo confirman; ¿qué tendría ella que comprobar?; además ¿alguna vez en la escuela se le ha pedido que compruebe algo de la realidad?; o ¿sólo se le ha pedido que realice los ejercicios aunque muchas veces no los entienda? Marisa ya está acostumbrada a hacer cosas que no entiende y, desde luego, aquí pone su mejor intención ya que su propuesta está cargada de buenos propósitos.

Álvaro, sin embargo, propone el siguiente plan:

1. Observamos cuáles son las tareas en las que se contamina y se toma nota.

2. Se conecta al desagüe un recipiente para medir la cantidad de agua que se contamina en cada tarea.

3. Se anotan todas las sustancias que puedan contaminar el agua y que haya en casa.

4. Se vierte en un recipiente con medidas la misma cantidad de cada contaminante que se utiliza en cada tarea.

5. Se cogen las medidas de la 2ª hipótesis y las sumo.

6. Comprobando si con otros productos no se contamina.

7. Observando en qué nos puede perjudicar.

8. Se estudian los diferentes métodos que se pueden usar para no contaminar”

Álvaro explica en este plan lo que haría para dar respuesta a cada una de las preguntas, parece que entiende el plan de trabajo de una investigación como el *dar respuestas correctas a los ejercicios que realizamos en clase*; propone, de forma muy vaga un procedimiento para comprobar cada una de las hipótesis: Observar, conectar al desagüe un recipiente, anotar, medir, “comprobar” y estudiar; sin precisar la forma de llevar a cabo cada uno de dichos procedimientos. ¿Son semejantes las formas de concebir la investigación para Álvaro y para Marisa? Aparentemente no, pero veamos como llevan a la práctica en su grupo –formado por cuatro– esta segunda supuesta planificación del trabajo:

La planificación que realizan entre ellos se basa en la división del trabajo: Alberto se dedica a averiguar el agua que se gasta en la cocina, Álvaro en el cuarto de baño, Marisa a revisar los productos que se añaden al agua en cada una de las tareas domésticas y Sofía a observar las repercusiones del agua y adónde va (¿?). No se ponen de acuerdo en cómo van a realizar las observaciones, ni cómo van a tomar los datos, ni el tiempo que van a tomar como referencia en la observación, ...; tampoco ponen en común todas estas cuestiones cuando van a redactar su trabajo para entregármelo: Marisa se encarga de recopilar los datos aportados por todos y escribirlos a ordenador. En los resultados relacionan cada una de las actividades con un número de litros de agua y con un tipo de productos, por ejemplo: “Lavarnos los dientes: Pasta dentífrica y enjuague bucal ... 1 l.” No aparece el procedimiento seguido para cada una de las medidas realizadas, ni a qué corresponde la cantidad de agua señalada –si es cada vez, cada semana, ...–

Cuando les pregunto por el procedimiento utilizado en cada caso para observar la cantidad de agua utilizada en cada tarea doméstica observan que han cometido bastantes incoherencias, se sonrojan. Álvaro y Alberto vuelven a rea-

lizar las mediciones que tenían encomendadas, esta vez con procedimientos más ajustados a los datos que quieren conseguir, dichos datos me los entregan para que los anexe al trabajo que ya han entregado, pero ni ellos dos ni las otras chicas integrantes del grupo sienten la necesidad de volver a revisar el informe completo, ni de comprobar lo que han hecho esos compañeros.

A la vista de este proceso ¿cómo podemos interpretar el plan de trabajo de Álvaro que es el que finalmente llevan todos a la práctica? ¿Están estos alumnos y alumnas –incluso el propio Álvaro– interesados en descubrir el agua que realmente gastan en su casa? ¿o tratan más bien de realizar unos ejercicios que les ha propuesto su profesora y que incluso puede resultarles divertidos o, al menos, diferentes? Mi interpretación se sitúa más en esta última dirección; aunque con toda la apariencia de investigación, resulta fácil descubrir que no es más que una simulación de investigación, el alumnado no ha asumido su rol en la dirección de la actividad en el campo procedimental –que a estas alturas del proceso sí ha comenzado a asumir en clase en el ámbito de sus ideas–.

Las actividades que pongo en marcha en ese momento se basan fundamentalmente en el debate sobre el trabajo presentado por cada grupo y los procedimientos seguidos en él; y en situar los resultados obtenidos en cada trabajo en dos dimensiones distintas, por un lado, en relación con las preguntas que nos hemos formulado; y, por otro, en relación con los resultados obtenidos por el resto de los grupos. Al respecto, los resultados de cada grupo, escritos en la tabla de doble entrada elaborada en la pizarra, se muestran tan dispares, que les lleva a evidenciar contradicciones e incoherencias difíciles de percibir en el estrecho marco de la realización de unos ejercicios de clase que me han entregado. Hacer copartícipes a todas y a todos en el debate les da la oportunidad de acercarse y comprender las limitaciones del trabajo de los demás y del suyo propio. Después de este análisis llegamos a la conclusión de que las preguntas de investigación están sin resolver, no sabemos qué datos son más o me-

nos correctos ... y deciden volver a realizar sus mediciones. Veamos, a través del informe que me presentan al final, como ha evolucionado el grupo en su trabajo:

Escriben una introducción, en la que explican brevemente para qué están realizando la investigación y la forma en la que la han enfocado: se han ido los cuatro a casa de un compañero para realizar todas las observaciones. Las preguntas de investigación las reducen a cuatro: ¿En qué tareas domésticas contaminamos agua? ¿Cuánta agua se contamina en casa diariamente? ¿Con qué sustancias contaminamos agua? ¿Cuánta agua contaminamos en cada tarea doméstica? Establecen como hipótesis sólo las relativas a la cantidad de agua gastada en algunas tareas doméstica (4ª pregunta) –no sienten la necesidad de emitir hipótesis para el resto de preguntas– y las hipótesis están extraídas de los datos recogidos por Álvaro en la corrección que realizó de su anterior trabajo, obvian las hipótesis de la clase. En cuanto a la observación, explican el procedimiento seguido en concreto para calcular los volúmenes de agua gastados en cada tarea doméstica cada vez que se hace, y reflejan las operaciones realizadas para dichos cálculos; además elaboran una tabla de doble entrada donde aparece cada tarea doméstica y en la que reflejan los volúmenes de agua gastados: por vez; por día; y por semana. Para finalizar, en sus conclusiones comparan el agua gastada en cada tarea doméstica con las hipótesis de la clase (!) y no con las expresadas en su informe; además los datos que comparan no son los obtenidos por el grupo –expuestos en el apartado de resultados– sino los obtenidos por Álvaro y por Alberto cuando repitieron las mediciones en el trabajo anterior.

Los rasgos que definen la evolución del trabajo del grupo en este momento creo que pueden ser los siguientes: a) se ha producido un cambio de expectativa ante la investigación; se han puesto de acuerdo para realizar, los cuatro, la toma de datos en una casa: están haciendo un estudio de caso; b) para la toma de los datos aplican siempre el mismo procedimiento: miden un volumen concreto de agua en un tiempo y después cuentan el tiempo empleado en dicha actividad; finalmente hacen una re-

gla de tres para el cálculo final; c) han asumido realmente un problema de investigación: el agua que gastan en cada tarea doméstica, de los cuatro problemas formulados en su informe; d) todavía no comprenden el valor de las hipótesis en una investigación, reducen el mismo a llamar la atención en sus conclusiones de si estaban *próximos o alejados, acertados, bien o mal encaminados* –según sus palabras– del valor *real*; de hecho, las hipótesis que consideran no permanecen constantes a lo largo del informe; e) sus conclusiones se reducen a comparar los datos que creían ciertos con los observados, comentando si estaban más o menos acertados; realmente se reducen a comparar dos tipos de respuestas *las imaginadas con las reales*; f) han avanzado en la comunicación de la experiencia que realizan. Ahora parece haber interés por saber el agua que se gasta en cada tarea doméstica y son capaces de comunicarlo en el informe de forma muy adecuada.

Creo que el relato de estos dos momentos del proceso, muy cercanos en el tiempo, da cuenta de las dificultades que encuentran chicos y chicas en la construcción de procedimientos de investigación; el aprendizaje de este tipo de conocimientos es lento y requiere un tratamiento específico en la enseñanza. Pero ¿merece la pena tanto tiempo y esfuerzo? Me gustaría contestar a esta pregunta con otras dos: ¿Es importante que las personas conozcan distintas formas de proceder para elaborar conocimiento acerca de realidades que les preocupan e interesan? ¿Es importante que en los procesos de E.A. se desarrollen las actitudes y las competencias que permitan poner en marcha de forma autónoma estrategias para entender los problemas del mundo y actuar en él? Si la respuesta es afirmativa y los datos de la investigación didáctica en este ámbito sugieren que merecen un determinado tratamiento, no podemos ignorar el tema.

Las escenas expuestas pueden dar idea de cómo entiendo la construcción de conocimiento significativo en clase; entiendo que éste se produce en una dialéctica entre la construcción individual y colectiva; entre la reflexión y la acción; entre la dirección por mi parte y la

autonomía del alumnado en la creación de situaciones de aprendizaje. En esta construcción no debe faltar el sentido de por qué hacen lo que hacen y por qué quieren hacerlo, ya que sin él es imposible la reflexión y la creación, y, por tanto, el aprendizaje de nuevas formas de ver el mundo.

Algunas conclusiones

En el momento actual la investigación se encuentra en fase de análisis de datos, por lo que es precipitado formular conclusiones generales sobre el total de la muestra y para todos los ámbitos analizados. No obstante, sí puedo avanzar algunas conclusiones restringidas a una muestra de siete chicas y chicos elegidos al azar.

Primera conclusión

En el proceso de construcción del concepto de contaminación del agua, en el caso investigado, he observado dos etapas bien diferenciadas, con tres niveles de formulación correspondientes al inicio de la primera etapa, a la transición entre la primera y la segunda y a la finalización de la tercera. El paso progresivo de uno a otro nivel de formulación viene marcado por una serie de dificultades que el alumnado ha de superar. En la primera etapa se produce la siguiente progresión:

- a) De considerar variables evidentes perceptivamente y de observación fácil y directa; a considerar variables evidentes perceptivamente pero de observación indirecta.
- b) De considerar –de forma más o menos explícita– el agua no contaminada como agua potable y limpia para uso humano; a considerar algunos otros usuarios del agua.
- c) De considerar la contaminación del agua desde una concepción absoluta; a introducir consideraciones como, algunos cambios que se han producido en la misma y/o los usos a los que está destinada.
- d) De considerar una o pocas relaciones lineales entre dos elementos del tipo causa-efec-

to; a considerar algunas relaciones lineales entre más de dos elementos.

La segunda etapa se sitúa entre el segundo y el tercer nivel de formulación y viene representada por la siguiente progresión:

a) De considerar variables evidentes perceptivamente pero de observación indirecta, situadas a nivel de mesocosmos; a considerar algunas variables no evidentes y situadas a nivel del microcosmos; pudiéndose llegar a comprender que en un evento cualquiera están presentes elementos del nivel meso y del micro. Esto lleva aparejado un aumento significativo en el número de variables consideradas.

b) De considerar algunos usos del agua diferentes al humano; a considerar progresivamente un mayor número de elementos bióticos y abióticos relacionados con el agua y su contaminación; ello introduce poco a poco la idea de que la especie humana mantiene relaciones de influencia con el resto de especies.

c) De considerar algunas relaciones lineales entre dos o más elementos; a considerar un mayor número de elementos relacionados en cadena que facilitan el paso a relaciones circulares y otras más complejas en las que se introduce de forma puntual alguna reorganización del sistema.

d) Se avanza en la idea relativista de considerar la contaminación del agua dependiendo de los diferentes cambios que puedan producirse en ella y en sus diferentes usos.

Segunda conclusión

La evolución del primer al segundo nivel de formulación conlleva la superación de algunas dificultades como son la incapacidad para pensar en características del medio no directamente perceptibles y el fuerte antropocentrismo del alumnado en la lectura que hace de los fenómenos (García, 1999; Novo 1998); el análisis de los datos me lleva a pensar que existe un vínculo entre estas dos categorías, de tal forma que introducir la idea de los diferentes usos y usuarios del agua facilita la adopción de una perspectiva más relativista, lo que abre caminos hacia la consideración de un mayor número

de elementos entre los que se empiezan a considerar algunos de percepción indirecta. De otro lado, los resultados obtenidos muestran que aunque una posición más relativista del concepto facilita entender el fenómeno de la contaminación del agua como producto de múltiples variables relacionadas, esto no se logra hasta que no se introducen experiencias empíricas en torno al agua. De forma complementaria el análisis de resultados me lleva a considerar que si las experiencias empíricas no se analizan, se debaten y matizan, ..., es decir, se *manejan* en el plano de lo formal; tampoco se produce aprendizaje. Considero, por tanto, que las experiencias prácticas han de darse en un contexto de análisis y reflexión; lo que ayudará al alumnado a formalizar e incorporar a su pensamiento, de forma significativa, las variables objeto de estudio (García, 2002; Del Carmen y Pedrinacci, 1997).

Tercera conclusión

La evolución de las ideas del segundo al tercer nivel de formulación sobre la contaminación del agua viene determinada por la integración de las nociones ecológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje; es decir, introducir la idea de diversidad de elementos; de relaciones entre los mismos; de cambios como productos de las relaciones establecidas, ... hasta llegar a la noción de organización; es una potente herramienta conceptual que amplía el estrecho marco de las definiciones dadas por los expertos en el tema de la contaminación y sitúa su nivel de formulación en un ámbito mucho más complejo (García, 2001). El análisis de los resultados indica que es conveniente el tratamiento de algunos contenidos y estrategias didácticas para facilitar la evolución al tercer nivel de formulación:

a) La introducción del análisis de *lo micro* en relación con los elementos evidentes del medio. En los debates sobre la diversidad presente en un medio concreto, aparecen, de forma tímida, al principio, alguno o varios elementos del ámbito de lo micro: el oxígeno del aire, el agua del suelo para las plantas, etc. In-

roducir la idea de elementos del microcosmos, ensamblados con los elementos del mesocosmos ofrece un marco en el que la interpretación de determinados procesos se puede realizar desde una mayor complejidad.

b) El tratamiento de las relaciones entre elementos como tema central en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Trabajar de forma sistemática sobre relaciones entre una diversidad de poblaciones con requerimientos distintos, facilita por un lado la evolución de las ideas del alumnado respecto al número y complejidad de las relaciones que manejan; y, por otro, la adopción de concepciones menos catastrofistas respecto a la contaminación (Cañal, García y Porlán, 1981) más relativistas respecto a los cambios y, por tanto, con mayores posibilidades de implicación personal. Los resultados demuestran también que el estudio de las relaciones facilita el tránsito a la idea de que lo relevante en el proceso de contaminación del agua es el cambio producido en el medio entre todo un conjunto de elementos, y no determinadas variables tomadas de forma aislada –idea de partida del alumnado–. Este punto de vista hace posible un distanciamiento progresivo de las ideas antropocéntricas iniciales y conduce a considerar en el análisis de la contaminación un conjunto de elementos relacionados del que las personas formamos parte.

c) El tratamiento de la descomposición de la materia orgánica ofrece la posibilidad de trabajar con mayor complejidad el entramado de relaciones; incorporando procesos cíclicos y diferentes ritmos temporales y en los que están implicadas las formas de producción y consumo de nuestra sociedad occidental.

Cuarta conclusión

La evolución realizada por el alumnado en un contexto de aprendizaje concreto en muchos casos no se mantiene al cambiar de contexto (Cubero, 2005) Los resultados obtenidos muestran que el avance de las ideas del alumnado en el desarrollo de la investigación de la contaminación del agua en su hogar; no se

mantiene, en la mayor parte de los casos, cuando comenzamos a investigar la contaminación del agua en los ríos. Este retroceso en sus ideas se produce en el siguiente sentido: a) de considerar variables evidentes de percepción indirecta, se vuelve a lo evidente de percepción directa; b) de considerar diferentes cambios y/o usuarios del agua, se vuelve a considerar la contaminación con pocos elementos; c) de considerar la contaminación como algo más relativo se vuelve a consideraciones absolutas; y d) la vuelta a consideraciones más antropocéntricas. Esto concuerda con los estudios realizados sobre *la transferencia en los aprendizajes* (Hungerford y Ben Peyton, 1992); según los mismos, para que se produzca un aprendizaje de los conceptos, que permitan ser generalizados en diferentes situaciones conviene que éstos sean construidos en diferentes contextos, en los que habría que potenciar el análisis de semejanzas, diferencias, matizaciones, etc. capaces de facilitar la elaboración de formulaciones con un mayor nivel de generalidad.

Quinta conclusión

La idea de investigación y experimentación que tienen chicos y chicas, y los procedimientos que ponen en marcha, forma parte de un entramado de ideas que no sólo son de orden procedimental, sino conceptual y, sobre todo, actitudinal que se debe tener presente como objeto de aprendizaje. El alumnado encuentra una enorme dificultad para comprender el sentido y la función de la investigación para comprobar si sus ideas son más o menos ciertas. Según el análisis de los datos extraídos, esta dificultad se deriva de concepciones y actitudes como las siguientes:

a) La concepción de que las tareas escolares son ejercicios propuestos por el profesorado que tienen sólo una respuesta correcta. Esto supone una gran dificultad conceptual para entender tareas de tipo investigativo ya que aunque el pedido de la actividad –la realización de un plan de trabajo– sea otro, ellos insisten en aplicar el mismo estereotipo de “a una pregunta una respuesta correcta”; al res-

pecto, el análisis de los datos obtenidos, ha demostrado que en un primer momento el alumnado piensa que las preguntas de investigación formuladas ya tienen una respuesta: las que ellos y ellas han dado en sus hipótesis, esos son los resultados.

b) La actitud pasiva que mantiene el alumnado en el aprendizaje, y que está muy relacionada con el estereotipo social de *buen escolar*, cargado de sus consecuentes dosis de conformismo, docilidad y facilidad para reproducir las respuestas que *el conocimiento* –representado frecuentemente por libros de texto– ha admitido como verdades absolutas. Esto supone una dificultad para llevar adelante la tarea investigadora que necesariamente requiere una actitud inquieta, curiosa y creadora.

c) La idea de que la escuela no tiene nada que ver con la vida; incluso cuando cambiamos el contexto tradicional y tratamos un tema relevante desde el punto social; en el que están muy interesados; en el marco de una investigación que han de desarrollar en un terreno muy próximo, física y afectivamente: su casa; para averiguar cosas que ellos *hacen* cotidianamente; etc.; Los resultados demuestran que se producen grandes dificultades para asumir que lo que vamos a hacer no es un *simulacro de la realidad* (Giordan, 1978) y que, realmente, vamos a actuar y a conocer la propia realidad (Cano, 2005).

Para superar estas dificultades ha de abordarse de forma expresa el conocimiento que tiene el alumnado sobre el sentido de una investigación; para chicas y chicos no resulta obvio que una investigación se realiza por la necesidad de comprobar algo; por tanto, el sentido de una planificación como propuesta de acciones para contrastar sus ideas no puede ser comprendido y aceptado de forma automática por ellos. Estas ideas y actitudes hay que construirlas en la práctica a partir del desarrollo de investigaciones concretas y, en el transcurso de las mismas, es importante interpelar al alumnado sobre si lo que hace le sirve para saber exactamente lo que cada uno quiere averiguar; si la manera en la que *están haciendo* las cosas nos ofrece datos reales. No se trata de experi-

mentar por experimentar, de simular cómo se hacen la investigaciones, se trata de saber cuánta agua gastas realmente cada vez que te duchas, por poner un ejemplo.

Sexta conclusión

La dificultad para transferir los conocimientos de unos contextos a otros también se produce en el aprendizaje de los procedimientos. Algunos datos obtenidos en esta investigación confirman que aunque el alumnado haya trabajado sobre las medidas de superficies y volúmenes, o sobre porcentajes –en las clases de matemáticas– este conocimiento no lo saben aplicar cuando se trata de averiguar algo concreto situado en otro contexto de aprendizaje y en otra asignatura. Esta dificultad ha de ser conocida y tratada en los diseños de intervención didáctica, en este sentido, creo que una estrategia adecuada puede ser que el alumnado se enfrente a las dificultades con los recursos que es capaz de aplicar; y, en el transcurso del proceso, ponerlos ante informaciones que le permitan conectar con lo tratado en otro contexto.

Séptima conclusión

El alumnado se encuentra con dificultades para desarrollar un trabajo que informe, con cierta claridad, a otros de la tarea desarrollada en la investigación. El análisis de las producciones del alumnado me induce a pensar que esta dificultad está conectada con otras entre las que creo se encuentran: a) la dificultad de ponerse en el lugar del que va a leer su trabajo –otro compañero de fuera de la clase, por ejemplo–; b) esa inercia a escribir lo menos posible, su pasividad ante el trabajo; conectada con c) la falta de sentido, de funcionalidad, *¿para qué tengo que escribir lo que ya he hecho?* fomentada por el tradicional carácter cerrado de la escuela en relación con lo que en ella se produce; y d) la dificultad de volver a reconstruir el desarrollo práctico de la investigación para poder escribirlo. Ante estas dificultades creo que habría que introducir estrategias de

aprendizaje como hacer partícipe a todo el grupo de la valoración de los trabajos que se elaboren de forma individual o en grupos, aportando la visión del otro; por otro lado, este tipo de valoración tendrán más sentido en el transcurso del proceso de elaboración y no sólo al finalizar el trabajo si lo que queremos es orientarlo.

REFERENCIAS

- BONIL, J.; SANMARTÍ, N.; TOMÁS, C. y PUJOL, R.M. (2004a). Un nuevo marco para orientar respuestas a las dinámicas sociales: el paradigma de la complejidad en *Investigación en la Escuela*, 53, 5-19.
- BONIL, J.; GUILERA, M.; TARÍN, R.M.; FONOLLEDA, M.; y PUJOL, R.M. (2004b), Evaluar el grado de incorporación de la complejidad en las producciones del alumnado: propuesta de indicadores, en *Investigación en la Escuela* 53, 83-97.
- CANO, M.I. (2005). La atención a la diversidad desde propuestas diversas: el tratamiento de la problemática ambiental en la secundaria obligatoria. *Alambique* 44, 35-45.
- CANO, M. y CAÑAL, P. (2006). Las actividades prácticas en la práctica: ¿qué opina el profesorado? *Alambique* 47, 9-22.
- CAÑAL, P., GARCÍA, J. E. y PORLÁN, R. (1981). *Ecología y escuela. Teoría y práctica de la educación ambiental*. Barcelona: Laia.
- COLL, C. (1996): Constructivismo y educación escolar: ni hablamos siempre de lo mismo ni lo hacemos siempre desde la misma perspectiva epistemológica, en *Anuario de Psicología* 69, 153-178.
- CUBERO, R. (2005). *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: Graó.
- DEL CARMEN, L.; PEDRINACCI, E. (1997). El uso del entorno y el trabajo de campo, en L. DEL CARMEN (coord): *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la educación Secundaria Obligatoria*. Barcelona: ICE-Horsori
- GARCÍA, J.E. (1997), La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación en la enseñanza de la ecología. *Alambique* 14, 37-48.
- GARCÍA, J.E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada Editora S.L.
- GARCÍA, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en educación ambiental. *Investigación en la Escuela* 37, 15-32.
- GARCÍA, J.E. (2001). De los problemas científicos a los problemas socioambientales (y vuelta). *Alambique* 29, 25-33.
- GARCÍA, J.E. (2002). Una propuesta de construcción del conocimiento en el ámbito de la Educación Ambiental basada en la investigación del alumno. *Cooperación Educativa*, 67, 39-52.
- GARCÍA, J.E. (2004a). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Sevilla: Diada Editora S.L.
- GARCÍA, J.E. (2004b). Los contenidos de la Educación Ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad. *Investigación en la Escuela*, 53, 31-51.
- GARCÍA, J.E. y CANO, M.I. (2006). ¿Cómo nos puede ayudar la perspectiva constructivista a construir conocimientos en educación ambiental?. *Revista Iberoamericana de Educación* 41, 117-131
- GARCÍA PÉREZ, F.F. (2000). Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el modelo de investigación en la escuela. *Scripta Nova*, 64. En (Url: [Http://www.ub.es/geocrit/sn-64.htm](http://www.ub.es/geocrit/sn-64.htm)). (Consultado el 17 de diciembre de 2006).
- GIORDAN, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. París: Editions du Centurion (Trad. Cast. *La enseñanza de las ciencias*, Madrid: Siglo XXI, 1982).
- HUNGERFORD, H. R. y BEN PEYTON, R. (1992). *Cómo construir un programa de educación ambiental*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- MORIN, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO. (<http://www.complejidad.org>). (Consultado el 22 de noviembre de 2006).

- NOVO, M. (1998). *La Educación Ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas*. Universitas. Madrid.
- POZO, J. I. (1996). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- UNESCO. (Programa Internacional de Educación Ambiental UNESCO/PNUMA) (1977). *Seminario Internacional de Educación Ambiental (Belgrado, 1975). Informe final*. París.

ABSTRACT

This work deals with the research of how a group of students from 4 E.S.O. acquired significant knowledge about the pollution of water. This achievement belongs to a wider process, the main points being: the development of investigation processes carried on by students, the treatment of ecological contents, the analysis of environmental problems related to water and the role of knowledge and people's behaviours as regards to this topic. In addition, the article deals with the main features of a didactic model which aids the developments of significant knowledge about the environmental problems led by the principles of constructivism and epistemology perspective of complexity.

KEY WORDS: *Didactic of pollution of water; Paradigm of complexity; Students' investigations about pollution.*

RÉSUMÉ

Ce travail tourne autour de la recherche de comment un groupe d'élèves de 4^o d'E.S.O. construit connaissance significative sur la pollution de l'eau. Ce processus fait partie de un cadre de connaissance plus vaste qui a comme principes: le développement de processus de recherche scolaire, le traitement des notions écologiques, l'analyse de la problématique environnementale, et le rôle des connaissances et des comportements des personnes en ce qui concerne cette problématique. Par rapport à tout cela ce texte décrit les caractéristiques que doit avoir un modèle didactique qui permet la construction de une connaissance significative sur la problématique environnementale, guidée par les principes qui apportent les perspectives constructivistes de l'apprentissage et la perspective épistémologique de la complexité.

MOTS CLÉ: *Mots clés: Didactique de la pollution de l'eau; Paradigme de la complexité; Recherche de l'élève.*