

# Agua y Educación Ambiental. Construyendo conocimiento mediante la investigación en la escuela

*Jorge Fernández Arroyo<sup>1</sup>*

## Introducción

Actualmente en el planeta los problemas sociales, económicos y ambientales relacionados con el agua se agravan. Es necesario lograr un equilibrio hidrológico que asegure el abastecimiento de agua a la población nivelando la disponibilidad natural con las extracciones del recurso. Para ello es necesario promulgar un uso eficiente del agua. Si no logramos este equilibrio estamos abocados a la escasez continuada. Existen elementos de difícil solución por la diversidad de factores que intervienen: cambios de clima y de suelo, inundaciones, sequías y desertización. Sin embargo la acción humana se erige como uno de los elementos de impacto más drástico: deforestación delirante, ignora los conocimientos tradicionales sobre todo

---

<sup>1</sup> Ph.D. en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla. Lic. en Ciencias Ambientales, Universidad Pablo de Olavide (España). Docente Universidad de Sevilla. E-mail [jferarr10@us.es](mailto:jferarr10@us.es)

de las comunidades indígenas locales, retira el agua de los ríos de diferentes maneras, entre otras con obras de ingeniería, represas, desvíos y trasvases. Ante este contexto de escasez del agua tres pilares fundamentales del bienestar humano se tambalean: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social.

En el caso de Europa los problemas vienen de la mano de una sobreexplotación continuada del recurso cuyo estrés hídrico está teniendo un gran impacto sobre la calidad y cantidad del agua restante, así como sobre los ecosistemas que de ella dependen. Sectores como la agricultura o la industria no pagan una tarifa en función del volumen consumido. Los gobiernos no introducen más planes de gestión de sequía centrados en el riesgo más que en la gestión de la crisis. No se selecciona combinadamente los cultivos y los métodos de irrigación para lograr la eficiencia hídrica pese al uso de los fondos europeos incluidos en la Política Agrícola Común de la Unión Europea. No son tomadas con la suficiente seriedad las medidas orientadas a sensibilizar a la población, como el etiquetado ecológico, la certificación ecológica o los programas educativos en las escuelas, esenciales para lograr un uso sostenible del agua. Las autoridades no solo no generan incentivos para un uso más generalizado de suministros de agua alternativos (aguas residuales tratadas -las “aguas grises”- y la recogida de aguas pluviales) sino que no se implanta una vigilancia apropiada y un sistema de multas y de sanciones para evitar la captación ilegal de agua y las fugas en la red de abastecimiento. En Europa, las aguas superficiales como ríos y lagos, suponen el 80 % del agua dulce total captada y son la principal fuente de agua para la industria, la energía y la agricultura. Por el contrario, las redes de abastecimiento público de agua dependen en gran medida de las aguas subterráneas, debido en general a su mayor calidad. La desalinización no ha tardado en convertirse en una alternativa a las fuentes de agua convencionales, especialmente en las regiones de Europa afectadas por estrés hídrico. Sin embargo, sus elevadas necesidades energéticas y las salmueras resultantes del proceso deben tenerse en cuenta a la hora de evaluar el impacto global de la desalinización sobre el medio ambiente.

En España las particularidades que presenta respecto a Europa pasan principalmente por la política del agua basada en el aumento de recursos hídricos. Esto ha hecho que España sea el cuarto país del mundo con un mayor número de grandes presas (1.200) y que apenas queden ríos sin regular. Por otro lado la agricultura alcanza los mayores niveles de consumo de toda Europa (80%). Pero esta ineficacia en la agricultura también se observa en el suministro de agua a ciudades e industrias donde se producen pérdidas en las cañerías de distribución del 50% al 70% por evaporación, fu-



gas y otros motivos. Además el sector turístico, tan importante en España, está potenciándose en zonas donde el agua es más escasa y se emplea con finalidades de ocio poco respetuosas con el agua (zonas verdes, piscinas, campos de golf, etc.). Finalmente, relacionando estos sectores tan polémicos como son la agricultura y el turismo, la explotación del agua subterránea en las áreas costeras ha llevado a que en la zona del mediterráneo los acuíferos estén en mayor o menor medida salinizados.

En Latinoamérica entre los principales problemas de agua podemos mencionar el limitado acceso al agua potable tanto en áreas rurales como urbanas pese a los grandes avances que se han realizado en este ámbito. Todavía 100 millones de personas carecen de servicios sanitarios (letrinas y fosas sépticas), que unido a la falta de tratamiento de aguas residuales en plantas de saneamiento da como resultado graves problemas sanitarios, incrementando también el riesgo de daños ecológicos a largo plazo, pues dichas aguas son vertidas sin control en las corrientes de ríos, lagos, acuíferos subterráneos y océanos. En relación con los aspectos económicos existe una gran desigualdad entre las tarifas de agua, pagando más la gente pobre que las familias de mayor solvencia (en términos reales considerando sus ingresos económicos) por agua de menor calidad, aumentando el riesgo de enfermedades diarreicas sobre todo en niños. Existen graves limitaciones financieras en cuanto a los recursos económicos destinados al sector hidráulico. Algunas de las alternativas de financiamiento han promovido el establecimiento de fondos solidarios, sociedades público-privadas, la participación comunitaria y otros esquemas alternativos. En cuanto a las aguas subterráneas, importantes acuíferos son amenazados por la sobreexplotación y la contaminación producida por los residuos provenientes de los desechos de las actividades mineras y agrícolas. También muchos de los principales lagos y cuencas de ríos desde América del Norte hasta América del Sur se encuentran bajo una gran demanda debido al incremento de la población y a la contaminación procedente de actividades industriales y agrícolas. Finalmente los problemas en la administración de recursos hídricos transfronterizos necesitan modelos de gestión que permitan una repartición al nivel de la cuenca y que, a la vez, respetaran la soberanía de los estados.

Por último en Colombia pese a ser el sexto país con mayor oferta hídrica en el mundo, el Ministerio de Medio Ambiente calcula que la mitad de los recursos hídricos tienen problemas de calidad. Se estima que la industria, el sector agropecuario y las aguas domésticas generan 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante de los acuíferos. Y la calidad no solo es el problema. Irónicamente la escasez también lo es: grandes volúmenes de



agua se pierden por ineficiencias en los sistemas de riego, en los procesos industriales y en los acueductos; no obstante, muchas regiones sufren por el acceso limitado al recurso y la mala calidad.

Del intento por dar respuestas a mis dudas como docente y ciudadano y de mi compromiso con la educación y la enseñanza surgió mi primera experiencia como investigador, denominada “Estudio del proceso de construcción de conocimiento sobre el uso del agua en alumnos de Secundaria”, trabajo conducente a la realización de la memoria de suficiencia investigadora. En esta experiencia el problema que se abordó fue el de conocer la construcción de conocimiento significativo por parte de un grupo de alumnos y alumnas de Primero de Bachillerato de un centro de Secundaria de la ciudad de Sevilla en relación con la temática del agua. Pese a los esfuerzos de la Educación Ambiental para tratar este recurso frágil, escaso e imprescindible para la vida, los logros no son todo lo satisfactorios que quisiéramos. Por tanto se hace necesario reflexionar sobre el modo en que tradicionalmente la Educación Ambiental ha enfocado la problemática del agua. Para ello se llevó a cabo una experiencia educativa que hizo especial hincapié en identificar cuáles eran las evoluciones, dentro de la construcción del conocimiento, más dificultosas para el alumnado. En relación con dichas dificultades se plantearon algunas consideraciones que podrían ser tenidas en cuentas a la hora de abordar la problemática del agua desde la Educación Ambiental.

Pero, como siempre ocurre en todas las investigaciones, aparecieron nuevas e interesantes líneas en las que profundizar. Por lo tanto ya teníamos la semilla de la presente investigación, en la que abordamos de nuevo la construcción del conocimiento en alumnado de Secundaria sobre de la temática del agua.

Todo el desarrollo de esta investigación gira entorno a cinco objetivos y problemas de investigación planteados:

1. ¿Cuáles son las concepciones que tiene el alumnado en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua?
2. ¿Qué concepciones tiene el alumnado y cómo cambian las mismas en el desarrollo de una secuencia de actividades sobre el agua, en relación con su percepción de lo evidente?
3. ¿En qué medida el alumnado es capaz de adoptar posiciones más relativistas? ¿Hay cambios? Y si los hay, ¿de qué manera se produce





la transición desde los pensamientos más rígidos y dogmáticos hacia pensamientos más flexibles y relativos?

4. ¿Cómo de amplio es el abanico de variables que considera el alumnado cuando el estudio gira en torno a las diversas problemáticas que presenta el agua? ¿Cuáles son dichas variables?

5. ¿Cuál es el número y la complejidad de relaciones que se reconocen en cuanto a la problemática del agua? ¿Cómo cambia dicha concepción?

El marco teórico en el que se apoya nuestra investigación de estos problemas ocupa el inicio de la misma. Inicialmente nos centraremos en las tres teorías en las que se fundamenta el modelo didáctico que proponemos: la epistemología de la complejidad, el constructivismo y la perspectiva crítica. Con el desarrollo de las principales líneas de estos tres paradigmas buscamos conocer sus implicaciones con los procesos de enseñanza y aprendizaje. De esta forma ponemos en relación los modelos teóricos con las decisiones prácticas.

A continuación hacemos explícito el modelo didáctico dentro del cual se engloba el diseño y la intervención educativa realizada. Se establecen claras relaciones con las teorías presentada anteriormente y con los principios didácticos, haciendo especial hincapié en las referidas a la Educación Ambiental. Finalmente presentamos nuestra propuesta didáctica diseñada para abordar los problemas socioambientales que se engloban dentro del uso, gestión y contaminación del agua. Con esta propuesta desarrollamos nuestro modelo didáctico.

Posteriormente se plasma el diseño de la investigación mediante el desarrollo de los objetivos de la misma y nuestro posicionamiento en cuanto a la metodología de investigación educativa y el marco teórico adoptado. En función de los problemas, enunciarnos las posibles hipótesis de lo que esperamos encontrar y el sistema de categorías en el que nos vamos a basar para realizar el análisis de estos problemas. Además, se detallan los instrumentos y herramientas utilizados para la obtención y tratamiento de los datos.

Seguidamente nos centramos en los resultados de la investigación que se exponen en tres grupos diferentes. En el primer grupo exponemos los resultados obtenidos considerando todo el alumnado de la muestra. Este tipo de resultados se presentan en función de tres dimensiones diferentes: las categorías establecidas, los niveles de complejidad establecidos y a partir de las actividades que consideramos comparables. En el segundo grupo exponemos los resultados obtenidos considerando cada alumno y



alumna de manera individual. Dentro de este segundo grupo de resultados se analiza la evolución seguida por cada alumno y alumna, estableciéndose posibles modelos de evolución. En el tercer grupo de resultados se analizan los datos obtenidos en las entrevistas realizadas a los alumnos y alumnas.

Finalmente se incluyen la discusión de los resultados y las conclusiones en un intento de dar continuidad al análisis de la investigación. Se enriquece con las conclusiones extraídas al relacionar la intervención educativa realizada con la evolución de las concepciones del alumnado. También desarrollamos conclusiones de tipo metodológico y propuestas de líneas de investigación futuras.

Creemos que la presente investigación puede ser útil a educadores y a investigadores que trabajen en el ámbito de la Educación en general y en la Educación Ambiental en particular, en temáticas relacionadas con el uso, gestión y contaminación del agua, ya que se realiza un análisis de las dificultades que el alumnado estudiado encuentra a la hora de construir su conocimiento alrededor de esta temática.

### **El paradigma de la complejidad y la perspectiva constructivista: aportaciones a la educación ambiental.**

Dentro del campo de la Educación Ambiental (E.A. en adelante), podemos distinguir una variedad de marcos teóricos, distintas estrategias de actuación, diversas disciplinas y sectores involucrados, así como variados actores y contextos donde se llevan a cabo las posibles actuaciones. Esta diversidad de elementos, que da lugar a una cierta dispersión en el campo del conocimiento y la acción en la E.A., sin embargo, puede ser considerada relativa. Y es que es posible simplificar esta diversidad en dos modelos predominantes de E.A. (García, 2004a).

Un modelo que podemos incluir en un marco de corte tecnológico, definido por un predominio del estudio del producto y no del proceso. Este modelo está presente en el diseño de los programas de las instituciones.

Un modelo artesanal - activista, que es el modelo propio de los agentes encargados de llevar a cabo la aplicación de los programas de E.A. y que podemos englobar dentro del término de educadores ambientales. La suma de ambos modelos influye en gran medida en el pobre desarrollo de la investigación en el ámbito de la E.A.

En este contexto, el modelo tecnológico y el modelo artesanal - activista, no toman en consideración perspectivas que han demostrado su utilidad en el campo de la Didáctica de las Ciencias. Es el caso de la perspectiva crítica, el constructivismo y el paradigma de la complejidad. Sin



embargo, consideramos que los avances en la Didáctica de las Ciencias son aplicables en la E.A. ya que en definitiva estamos hablando de Educación y, por tanto, los aspectos didácticos le son de aplicación y el estudio del medio no deja de ser un cuerpo de conocimientos ligado a las Ciencias Experimentales y Sociales.

En esta investigación que presentamos, hemos hecho uso de ambas perspectivas como marco teórico de referencia para la misma.

### **Propuesta de intervención educativa sobre el uso, gestión y contaminación del agua.**

En este trabajo buscamos conocer cuáles son los elementos y las relaciones presentes en los procesos de construcción de contenidos relacionados con la problemática ambiental. Esto nos puede permitir establecer, en el entorno escolar, orientaciones que favorezcan los procesos de formación en E.A. Muchos autores y autoras (Bonil, Sanmartí, Tomás, y Pujol, 2004; García, 2004a y 2004b; García Pérez, 2005; Meira, 2006) opinan que la formación en E.A. debe promover la autonomía del ciudadano en pos de la construcción de un mundo más solidario y justo, donde la diversidad natural y cultural sea un valor importante, y la toma de decisiones esté regida por la responsabilidad y la negociación democrática.

La búsqueda de cambio en las formas de pensar y los valores de nuestro alumnado son los referentes que hemos utilizado en esta investigación. La singularidad de nuestro contexto formativo (marcado principalmente por la edad, nivel de formación de los/as alumnos/as, características del centro educativo donde se desarrolla la experiencia, etc.) nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de que cada contexto en el que se pretende desarrollar la formación en E.A. requiera un modelo específico. Estamos ante la incertidumbre de si contextos específicos ponen en liza elementos y relaciones específicas que hay que tener en cuenta. Por tanto, y siguiendo con esta línea de pensamiento, ¿es posible entonces encontrar principios básicos que ayuden a lograr un cambio de pensamiento y de acción sobre el medio?

Con nuestra investigación no buscamos conocer si es posible establecer estos principios básicos. Indagamos en lo específico del contexto estudiado: cuáles son los elementos importantes a tener en cuenta en la formación de un grupo de adolescentes a la hora de lograr un cambio en sus concepciones en torno a un problema socioambiental concreto, como es el uso, gestión y contaminación del agua.

Para el diseño de nuestra propuesta didáctica hemos realizado una revisión de los estudios elaborados hasta la fecha sobre las concepciones, hábitos y



actitudes del alumnado en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua: García García, Morcillo y Reyero (2006); Jaén y Martínez (2006); Lacosta, Sánchez y Fernández (2006); Cano (2005 y 2008); Oliver (2005); Taldea (2005); Benayas, Poguntke, y Marcén (2004); Hernández (2004); Agraso y Jiménez (2003), Marcén (2001, 2004a, 2004b, 2006, 2010); Massa, Rassetto y Zapata (2001); Monteiro, Sosa y Aguaded (2001); García (1999); Roda y Sánchez (1999); Pérez, Galache y Camacho (1996); Yus (1994a); Membiela, Nogueiras y Suárez (1993); Cuello y Navarrete (1992); García y García (1992b); Bar (1989); Fortner (1983); y Fortner y Teates (1980).

### Diseño de la investigación

Es necesario que seamos conscientes del hecho de que la realidad educativa en la que desarrollamos nuestra vida profesional tiene marcados componentes de *lo incierto, lo impreciso, lo indeterminado, lo complejo* (Morin, 1984, p. 127). A este enorme reto es al que nos hemos querido enfrentar en pos de la construcción de nuestro propio conocimiento, usando como vehículo conductor la construcción del propio conocimiento del alumnado.

El diseño de esta investigación busca dar respuesta a estas dudas y preguntas planteadas anteriormente, que han pasado a ser nuestros objetivos. La ganas de aprender hacen que detrás de cada pregunta se intuya un respuesta casi instintiva que viene dada por el quehacer diario. Tomando como principal pilar la coherencia entre los métodos y las teorías que le sirven de fundamento, hemos buscado diseñar una metodología que sea útil para ver la veracidad de estas respuestas instintivas o hipótesis. Para ello hemos buscado la complementariedad de los métodos y una aproximación lo más detallada posible que priorice los procesos frente a los productos, teniendo siempre en cuenta la influencia de los contextos, tanto en dichos procesos como en dichos productos.

### Objetivos, problemas e hipótesis de investigación.

Siguiendo la línea de trabajo en E.A. (Cano, 2008; Rodríguez, 2011; Mora, 2011) y los modelos de investigación desarrollados en el marco del proyecto IRES (Cañal, 1987; Porlán y Rivero, 1994; García Pérez y Rivero, 1995; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1998; Porlán y Rivero, 1998; Martínez, 2000; García Pérez y Porlán, 2000; García Pérez, 2000b; Solís y Porlán, 2003; Solís, 2005; Luna, 2007; Cano, 2009), gran parte de ellos desarrollados en el Departamento de la Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla y dentro del grupo de



investigación DIE<sup>2</sup> de la red IRES, con esta investigación buscamos lograr la comprensión de los procesos de evolución desde un pensamiento simple hacia otro complejo, procesos que se dan al trabajar en el aula la temática del agua desde una perspectiva constructivista. Buscamos en definitiva realizar aportaciones a la construcción del conocimiento sobre el agua que sean de utilidad para los programas de E.A. en particular y la Didáctica de las Ciencias en general.

Esta investigación solo alcanzará los objetivos marcados si desde la misma somos capaces de contestar a los siguientes problemas de investigación:

1. ¿Cuáles son las concepciones que tiene el alumnado en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua?
2. ¿Qué concepciones tiene el alumnado y cómo cambian las mismas en el desarrollo de una secuencia de actividades sobre el agua, en relación con su percepción de lo evidente?
3. ¿En qué medida el alumnado es capaz de adoptar posiciones más relativistas? ¿Hay cambios? Y si los hay, ¿de qué manera se produce la transición desde los pensamientos más rígidos y dogmáticos hacia pensamientos más flexibles y relativos?
4. ¿Cómo de amplio es el abanico de variables que considera el alumnado cuando el estudio gira en torno a las diversas problemáticas que presenta el agua? ¿Cuáles son dichas variables?
5. ¿Cuál es el número y la complejidad de relaciones que se reconocen en cuanto a la problemática del agua? ¿Cómo cambia dicha concepción?

Respecto a las hipótesis de partida, es necesario comentar que surgen de la interacción y retroalimentación que se dan entre los supuestos teóricos de los que partimos y la experiencia diaria en el aula cuando se ha abordado esta temática u otras de naturaleza similar. Esas hipótesis se resumen en la progresión de las ideas que esperamos se den en el alumnado a lo largo de todo el proceso investigativo y girarán entorno a los problemas de investigación presentados anteriormente:

- Hipótesis respecto al problema de investigación nº 1: probablemente el alumnado presentará un universo de concepciones muy similares a las

.....  
2 DIE, Didáctica e Investigación Escolar.

detectadas en otras investigaciones de temáticas relacionadas, fruto del arraigo que ciertas concepciones tienen en los estudiantes.

- Hipótesis respecto al problema de investigación nº 2: se espera que a lo largo del proceso de enseñanza el alumnado pase de considerar únicamente factores muy evidentes y que son fácilmente perceptibles (mesocosmos) a tener en cuenta aspectos del micro y macrocosmos, que inicialmente para ellos y ellas son prácticamente inexistentes. Con mucha dificultad se logrará que los/as alumnos/as cambien el lugar donde sitúan su foco de atención, relacionando entre sí estos niveles: macrocosmos, mesocosmos y microcosmos.

- Hipótesis respecto al problema de investigación nº 3: es previsible que el alumnado maneje muy pocos puntos de vista al comienzo del proceso para, en etapas más avanzadas, considerar un abanico más amplio de posibles maneras de ver el mismo hecho.

- Hipótesis respecto al problema de investigación nº 4: posiblemente el alumnado considerará en las primeras fases un escaso número de variables. Sin embargo, conforme el proceso vaya avanzando, es probable que el número de variables que el alumnado considere vaya aumentando.

- Hipótesis respecto al problema de investigación nº 5: al igual que en el caso de las variables, el número de relaciones entre ellas será inicialmente bajo en los estadios iniciales, para aumentar progresivamente conforme el proceso vaya madurando, aumentando no solo en número sino también en flexibilidad (cambios interrelaciones: cambios en las interacciones que se establecen entre las propias relaciones).

### **Muestra y contexto de la investigación.**

Esta investigación se ha llevado a cabo en un grupo de 1º de Bachillerato de la Modalidad de Ciencias y Tecnología dentro de la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo en un Instituto de Educación Secundaria de Sevilla capital, durante el curso 2010/11.

Las características principales del grupo pueden resumirse del siguiente modo:

a) El nivel socioeconómico del que procede el alumnado de este grupo es de modo general medio, aunque se pueden observar condicionamientos y características familiares diversas: lo mismo se dan niveles medios-altos que medios - bajos. En su mayoría proceden de familias de profesionales liberales. Estas profesiones en cierto grado influyen en las expectativas laborales a las que aspiran, aunque la diversidad sobre gustos, aficiones e in-



tereses es grande. En su mayoría cuentan con los recursos adecuados fuera del aula para llevar a cabo las tareas educativas que se les encomendaban.

b) Respecto al nivel de competencia curricular podemos decir que su nivel es medio. Sin embargo, dentro del aula existe una cierta diversidad que requiere de una adecuada atención. Se han tenido en cuenta diferentes estrategias para atender los diferentes ritmos de aprendizaje que presenta el alumnado.

c) A nivel actitudinal podemos decir que no presentan problemas de convivencia y disciplina. Están relativamente motivados con sus estudios, presentando en su mayoría hábito de trabajo en clase y en casa. No existen problemas de autoestima o de comunicación evidentes. Por otro lado, la clase presenta una actitud activa y participativa que no es compartida por un reducido número de alumnos y alumnas que muestra un desinterés generalizado por los estudios.

Este grupo ha sido elegido para el desarrollo de la presente investigación por diversos motivos. Por un lado, el autor de esta investigación es su profesor durante ese curso. Por otro lado, aunque en años anteriores no hemos dado clase a ese grupo de estudiantes, son conocidos fuera del aula desde el curso anterior, ya que realizamos un viaje de fin de etapa. Gracias a esta experiencia previa somos conocedores de la actitud participativa y dinámica de la que hacen gala en general y que puede favorecer en muchos casos algunas de las actividades planteadas en la investigación. Finalmente la materia impartida, Ciencias para el Mundo Contemporáneo, da pie a integrar de una manera más adecuada la programación de contenidos, actividades y metodología investigativa preparada para ser desarrollada en el aula.

### **Técnicas e instrumentos para la obtención de datos.**

Para la selección de las técnicas e instrumentos nos hemos basado en la necesidad de cubrir la recogida de datos desde tres ángulos o puntos de vista diferentes: lo que el alumnado piensa, lo que dice y lo que produce en el aula. Por ello nos hemos establecido en el marco de la observación directa - observación participante, ya que, como investigadores, hemos buscado la recogida sistemática de datos mediante el contacto directo con el contexto educativo, entendiéndose este como los diferentes lugares donde ocurrieron los procesos de enseñanza - aprendizaje (aula, laboratorio, visitas, etc.). Gracias al carácter flexible y abierto del proceso investigativo, pese a partir de una serie de actividades originalmente prediseñadas, las observaciones han ido configurando dichas actividades, por lo que muchos pasos han sido marcados por la propia dinámica del aula.



En estas observaciones directas, existe un marcado carácter participativo en el observador (Pérez Gómez, 1989), ya que tiene una prolongada presencia e implicación en las actividades y tramas de relaciones que definen las situaciones que pretende observar.

Dentro de la observación directa cabe destacar en nuestra investigación la importancia de los debates, así como la realización de un juego de rol. Como trataremos posteriormente, todos los aspectos destacables han sido recogidos en el diario de clase del profesor.

Las técnicas e instrumentos utilizados para la recogida de datos a lo largo de toda la investigación han sido la observación de las producciones, los cuestionarios, las entrevistas, las grabaciones de audios de las sesiones de clase y la recogida de información en el diario de clase del profesor.

En este contexto y dentro de esta muestra, se han analizado para la investigación los procesos de construcción del conocimiento que se han dado a nivel individual.

### **Procedimientos para el tratamiento de los datos.**

En una primera fase, hemos considerado la necesidad de establecer Unidades de Información<sup>3</sup>, para posteriormente en una segunda fase manejar esas UI de dos modos diferentes. Por un lado detectar las concepciones e ideas que el alumnado posee en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua (problema de investigación 1). Por otro lado categorizar dichas UI por medio de hipótesis de transición (problemas de investigación 2, 3, 4 y 5). Cada hipótesis de transición se integra dentro de las categorías de estudio establecidas como investigadores. Una vez superada estas dos fases, hemos pasado a una fase final en la que hemos determinado tres niveles de análisis para las UI categorizadas: resultados en conjunto de todos los individuos de la muestra, resultados individuo a individuo y resultados de los individuos entrevistados.

### **Resultados y conclusiones**

En este apartado pretendemos establecer un diálogo entre los problemas de investigación que formulamos al inicio de la este trabajo, las hipótesis de las que partimos, los resultados obtenidos y las aportaciones teóricas en las que se basa nuestra intervención educativa.

3 *UI en adelante, tanto para el singular como para el plural.*



## Conclusiones relacionadas con las concepciones del alumnado

### Concepciones en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua.

Tabla 1: Problema de investigación nº 1, hipótesis relacionada y conclusiones generales.

Problema de investigación nº 1.
¿Cuáles son las concepciones que tiene el alumnado en base a los contenidos prototípicos relacionados con el uso, gestión y contaminación del agua?
Hipótesis respecto al problema de investigación nº 1.
Probablemente el alumnado presentará un universo de concepciones muy similares a las detectadas en otras investigaciones de temáticas relacionadas, fruto del arraigo que ciertas concepciones tienen en los/as estudiantes.
Conclusiones generales
1. Pese a la diversidad de concepciones e ideas detectadas en la muestra, estas no entran en contraposición con lo investigado por otros/as autores/as, lo que da una idea de la presencia de concepciones muy arraigadas en el alumnado.
2. Hemos detectado un conjunto de concepciones e ideas que pueden ser aportaciones novedosas en las investigaciones referidas a la construcción del conocimiento alrededor del uso, gestión y contaminación del agua.

Pese a la diversidad de ideas detectadas en nuestra muestra, deseáramos subrayar unas sencillas ideas sobre las concepciones del alumnado. Por un lado hemos detectado la existencia de ideas y concepciones que son coincidentes con las obtenidas en las investigaciones de otros autores y autoras que hemos revisado para el diseño de nuestra propuesta didáctica. Por tanto formarían parte el universo de ideas y concepciones que presentan gran arraigo en la población estudiantil.

- Los procesos de depuración y potabilización no se reconocen como procesos diferenciados, desconociendo en qué consiste cada uno o confundiendo el término usado para cada uno. No tienen en consideración que ambos se integran en el Ciclo urbano del agua y que la potabilización se realiza antes que la depuración. Además, el alumnado no contempla la diversidad de tratamientos del agua a la hora de verterla.
- El agua salada no se reconoce como un recurso aprovechable por el hombre.
- Los conceptos de veneno, producto químico y producto tóxico se relacionan repetitivamente, dentro de una asociación de conceptos más global del tipo química - muerte.
- No está generalizado entre el alumnado la consideración de los procesos de cambio físico - químico referidos a la descomposición.
- Es común que los/as estudiantes consideren el Ciclo urbano del agua en un esquema de circuito cerrado.



Por otro lado hemos detectado la existencia de ideas y concepciones que pueden ser aportaciones novedosas a las investigaciones referidas a la construcción del conocimiento alrededor del uso, gestión y contaminación del agua:

- ✓ En relación con los procesos de depuración y potabilización, el alumnado otorga una importancia similar tanto a los procesos de *añadir* sustancias como a los procesos de *eliminar* sustancias del agua.
- ✓ Para los/as estudiantes la lluvia siempre o casi siempre precipita sobre la tierra, siendo poco usual que consideren la posibilidad de que precipite sobre una masa de agua (presas, ríos, lagos o mares).
- ✓ Los microorganismos se constituyen, dentro de las concepciones de nuestro alumnado, como un componente importante del agua. Sin embargo, y en contraposición con lo anterior, son escasos los/as alumnos/as que consideran la intervención de seres vivos que no pertenezcan a la escala microscópica en los procesos propios del Ciclo natural del agua. Cuando son tenidos en cuenta, éstos se reducen a la plantas.
- ✓ En relación con el esquema de *ciclo cerrado* a la hora de considerar el Ciclo urbano del agua por parte de los/as alumnos/as, no está generalizada la integración de dicho Ciclo urbano dentro del Ciclo natural del agua, apareciendo en numerosas ocasiones como realidades independientes.
- ✓ El alumnado de nuestra muestra no considera el agua como origen de enfermedades que le puedan afectar de manera común.
- ✓ Los/as estudiantes no consideran usos humanos del agua no consuntivos. Incluso a usos no consuntivos el alumnado les presupone dicho carácter consuntivo.

## Evolución de las concepciones sobre el uso, gestión y contaminación del agua.

### En relación con el problema de investigación nº 2.

**Tabla 2:** Problema de investigación nº 2, hipótesis relacionada y conclusiones generales.

<b>Problema de investigación nº 2.</b>
¿Qué concepciones tiene el alumnado y cómo cambian las mismas en el desarrollo de una secuencia de actividades sobre el agua, en relación con su percepción de lo evidente?



### Hipótesis respecto al problema de investigación nº 2.

Se espera que a lo largo del proceso de enseñanza el alumnado pase de considerar únicamente factores muy evidentes y que son fácilmente perceptibles (mesocosmos) a tener en cuenta aspectos del micro y macrocosmos, que inicialmente para ellos y ellas son prácticamente inexistentes. Con mucha dificultad se logrará que los/as alumnos/as cambien el lugar donde sitúan su foco de atención, relacionando entre sí estos niveles: macrocosmos, mesocosmos y microcosmos.

### Categoría 1: Grado de percepción de lo evidente. Niveles de organización implicados en el fenómeno (niveles meso, macro y micro).

1.a. Solo se reconocen los elementos evidentes y de percepción directa (mesocosmos), apoyados en percepciones evidentes y directas.

1.b. Se reconocen elementos del microcosmos o del macrocosmos.

1.c. Se reconoce que están presentes, simultáneamente, los tres niveles: macro, meso y micro.

### Conclusiones generales

1. Siendo el microcosmos y macrocosmos las dimensiones menos evidentes para el alumnado, es el macrocosmos la que presenta mayor dificultad en la construcción del conocimiento por parte del alumnado.

2. El alumnado, al encontrar dificultades para abordar las dimensiones de macrocosmos, mesocosmos y microcosmos, presenta una gran resistencia a abandonar las rutinas académicas tradicionales.

3. En relación con el grado de percepción de lo evidente, el alumnado presenta tanto evoluciones como retornos a niveles de formulación más simples.

4. En relación con el grado de percepción de lo evidente, el alumnado es capaz de alcanzar los máximos niveles de complejidad pero no mantenerse en ellos.



### En relación con el problema de investigación nº 3.

**Tabla 3:** Problema de investigación nº 3, hipótesis relacionada y conclusiones generales.

<b>Problema de investigación nº 3.</b>
¿En qué medida el alumnado es capaz de adoptar posiciones más relativistas? ¿Hay cambios? Y si los hay, ¿de qué manera se produce la transición desde las pensamientos más rígidos y dogmáticos hacia pensamientos más flexibles y relativos?
<b>Hipótesis respecto al problema de investigación nº 3.</b>
Es previsible que el alumnado maneje muy pocos puntos de vista al comienzo del proceso para, en etapas más avanzadas, considerar un abanico más amplio de posibles maneras de ver el mismo hecho.
<b>Categoría 2: Grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo.</b>
2.a. Se considera solo una perspectiva, de tipo absoluto; no existen matices.
2.b. Se considera una perspectiva, pero se comienza a introducir alguna relativización en la misma, alguna matización.
2.c. Se consideran diversas perspectivas.
<b>Conclusiones generales</b>
1. En relación con el grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo, el alumnado presenta tanto evoluciones como retornos a niveles de complejidad inferiores.
2. En relación con el grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo, el alumnado es capaz de alcanzar los máximos niveles de complejidad, pero no de mantenerse en ellos.

### En relación con el problema de investigación nº 4.

**Tabla 4:** Problema de investigación nº 4, hipótesis relacionada y conclusiones generales.

<b>Problema de investigación nº 4.</b>
¿Cómo de amplio es el abanico de variables que considera el alumnado cuando el estudio gira en torno a las diversas problemáticas que presenta el agua? ¿Cuáles son dichas variables?



<b>Hipótesis respecto al problema de investigación nº 4.</b>
Posiblemente el alumnado considerará en las primeras fases un escaso número de variables. Sin embargo, conforme el proceso vaya avanzando, es probable que el número de variables que el alumnado considere vaya aumentando.
<b>Categoría 3: Grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados.</b>
3.a. El número de elementos considerados es pobre. 3.b. El número de elementos considerados es intermedio. 3.c. El número de elementos considerados es rico.
<b>Conclusiones generales</b>
1. En relación con el grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados, el alumnado presenta tanto evoluciones como retornos a niveles de formulación más simples. 2. En relación con el grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados, el alumnado no es capaz de considerar un número de elementos rico relacionados con el objeto de estudio investigado.

### En relación con el problema de investigación nº 5.

**Tabla 5:** Problema de investigación nº 5, hipótesis relacionada y conclusiones generales.

<b>Problema de investigación nº 5.</b>
¿Cuál es el número y la complejidad de relaciones que se reconocen en cuanto a la problemática del agua? ¿Cómo cambia dicha concepción?
<b>Hipótesis respecto al problema de investigación nº 5.</b>
Al igual que en el caso de las variables, el número de relaciones entre ellas será inicialmente bajo en los estadios iniciales, para aumentar progresivamente conforme el proceso vaya madurando, aumentando no solo en número sino también en flexibilidad (cambios interrelaciones: cambios en las interacciones que se establecen entre las propias relaciones).
<b>Categoría 4: Grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas.</b>
4.a. Las relaciones que se consideran son de tipo binario causa - efecto. 4.b. Las relaciones que se consideran son de tipo cadenas causales. 4.c. Las relaciones que se consideran son de tipo ternario y de redes simples, o interacciones (redes complejas).



### Conclusiones generales

1. En relación con el grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas, el alumnado presenta tanto evoluciones como retornos a niveles de complejidad inferiores.
2. En relación con el grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas, el alumnado no es capaz de establecer las relaciones de tipo ternario y de redes simples, o interacciones (redes complejas).

### Literatura citada

Agraso, M.F. & Jiménez, M.P. (2003): Percepción de los problemas ambientales por el alumnado: los recursos naturales, en *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 17, pp. 91-105.

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

Benayas, J.; Poguntke, C. & Marcén, C. (2004): Recopilación y análisis de investigaciones sobre el agua y la educación ambiental, en *Ponencias y Comunicaciones Congreso Agua y Educación Ambiental: Nuevas propuestas para la Acción*. Alicante. CAM, pp. 165-182.

Bonil, J.; Calafell, G.; Orellana, L.; Espinet, M.; & Pujol, R.M. (2004): El diálogo disciplinar, un camino necesario para avanzar hacia la complejidad, en *Investigación en la Escuela*, 53, pp. 83-97.

Cano, M.I. (2005): La atención a la diversidad desde propuestas diversas: el tratamiento de la problemática ambiental en la secundaria obligatoria, en *Alambique*, 44, pp. 35-45.

Cano, M.I. (2008): *La construcción de conocimiento relevante y significativo sobre la contaminación del agua. Una investigación cualitativa en 4º de E.S.O.* Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Cano, M.I. (2009): La investigación escolar: un asunto de enseñanza y aprendizaje en la Educación Secundaria, en *Investigación en la Escuela* 67, pp. 63- 79.

Cañal, P. (1987): Un enfoque curricular basado en la investigación, en *Investigación en la Escuela*, 1, pp. 43-50.



Cuello, A. & Navarrete, A. (1992): *El agua en la ciudad*. Materiales Didácticos de Educación Ambiental. Educación primaria. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Agencia de Medio Ambiente.

Fortner, R.W. (1983): Knowledge, attitudes, experiences: The aquatic connection, en *The Journal of Marine Education*, 5 (1), pp. 7-11.

Fortner, R.W. & Teates, T.G. (1980): Baseline studies for marine education: experiences related to marine knowledge and attitudes, en *The Journal of Environmental Education*, 11 (4), pp. 11-19.

García, J.E. (1999): Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en educación ambiental, en *Investigación en la Escuela*, 37, pp.15-32.

García, J.E. (2004a): *Educación Ambiental, constructivismo y complejidad*. Sevilla. Diada Editora.

García, J.E. (2004b): Los contenidos de la Educación Ambiental: una reflexión desde la perspectiva de la complejidad, en *Investigación en la Escuela*, 53, pp. 31 - 51.

García J.E. & García, F.F. (1992b): *Orientaciones didácticas para la educación ambiental en educación secundaria*. Sevilla. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia. Consejería de Medio Ambiente. Programa Aldea.

García, F.F. (2000b): Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el Modelo de Investigación en la Escuela. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona (ISSN 1138-9788), 64. <http://www.ub.es/geocrit/sn-64.htm>.

García, F.F. (2005): El sentido de la educación como referente básico de la didáctica, en *Investigación en la Escuela*, 55, pp. 7-27.

García, F.F. & Rivero, A. (1995): Dificultades y obstáculos en la construcción del conocimiento escolar en una hipótesis de progresión de lo simple a lo complejo. Reflexiones desde el ámbito del medio urbano, en *Investigación en la Escuela*, 27, 83-94.

García, F. F. & Porlán, R. (2000): *El proyecto IRES (Investigación y Renovación Escolar)*, en Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, 205 Biblio 3W. Universidad de Barcelona (<http://www.ub.es/geocrit/b3w-205.htm>).



García, E.; Morcillo, J.G. & Reyero, C. (2006): El agua subterránea: ideas previas de los alumnos y evolución de las mismas a lo largo de una sesión de clase. *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza, 13-16 septiembre. Prensas Universitarias de Zaragoza.

Hernández, J. (2004): Conocimientos, disposición y conducta de los estudiantes de secundaria ante el problema de la contaminación del agua, en *Ponencias y Comunicaciones Congreso Agua y Educación Ambiental: Nuevas Propuestas para la Acción*. Alicante. CAM, pp. 61-67.

Jaén, M. & Martínez, M.A. (2006): Ante un problema medioambiental real sobre el agua ¿Qué piensan y qué están dispuestos a hacer los alumnos de educación ambiental. *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza, 13-16 septiembre. Prensas Universitarias de Zaragoza.

Lacosta, I.; Sánchez, M.D. & Fernández, R. (2006): Los conocimientos de los alumnos de secundaria sobre los fenómenos de contaminación de las aguas. *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Zaragoza, 13-16 septiembre. Prensas Universitarias de Zaragoza.

Luna, P. M. (2007): *Caracterización del modelo didáctico del profesor innovador de ciencias de secundaria. Tres estudios de caso*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Marcén, C. (2001): El ecosistema fluvial, en *Cuadernos de Pedagogía*, 305, pp. 36-39.

Marcén, C. (2004a): Usos y abusos del agua, en *Cuadernos de Pedagogía*, 334, pp. 34-37.

MARCÉN, C. (2004b): Aportaciones desde la escuela a la nueva cultura del agua, en *Ponencias y Comunicaciones Congreso Agua y Educación Ambiental: Nuevas propuestas para la Acción*. Alicante. CAM, pp. 25-29.

Marcén, C. (2006): *Las ideas de los escolares sobre el agua. Variaciones tras una experimentación*. Comunicación. Zaragoza. Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón.

Marcén, C. (2010): *El agua, argumento educativo en la Educación Obligatoria y en el sistema social*. Tesis Doctoral. Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza.

Martínez, C.A. (2000): *Las propuestas curriculares de los profesores sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso en el área de conocimiento*



*del medio*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Massa, M.; Rassetto, M. & Zapata, N. (2001): Agua potable versus agua contaminada. Estudio del discurso ambiental en una clase de Ciencias Naturales, en *Enseñanza de las Ciencias*, Actas del VI Congreso, 1, pp. 81-82.

Meira, P.A. (2006): Crisis ambiental y globalización: Una lectura para educadores ambientales en un mundo insostenible, en *Trayectorias*, 20-21, pp. 110-123.

Membiola, P. (2002): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica de la ciudadanía*. Madrid. Narcea.

Monteiro, R.; Sosa, M.J. & Aguaded, S. (2001): Las concepciones de los alumnos de Secundaria y Enseñanza Superior sobre las marismas, en *Enseñanza de las Ciencias*, Actas del VI Congreso, Tomo 1, pp. 83-84.

Mora, W.M. (2011): *La inclusión de la dimensión ambiental en la educación superior: un estudio de caso en la Facultad de Medio Ambiente de la Universidad Distrital en Bogotá*. Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Morin, E. (1984): *Ciencia con Consciencia*. Barcelona: Anthropos, pp.127.

Oliver, M. (Coord.) (2005): *Actitudes y percepción del medio ambiente en la juventud española*. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente.

Pérez GÓMEZ, A. (1989): *Paradigmas contemporáneos de investigación didáctica*, en Gimeno & Pérez (1989). La enseñanza: su teoría y su práctica. Madrid. AKAL/Universitaria.

Pérez, P.; Galache, I. & Camacho, E. (1996): Una metodología para el estudio de las ideas sobre la contaminación, en *Alambique* 7, pp. 109-116.

Porlán, R. & Rivero, A. (1994): Investigación del medio y conocimiento escolar. Transversales, en *Cuadernos de Pedagogía*, 227, pp. 28-31.

Porlán, R.; Rivero, A. & Martín Del Pozo, R. (1997): Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos, en *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), pp.155-173.



Porlán, R. & Rivero, A. (1998): *El conocimiento de los profesores*. Serie Fundamentos nº 9. Colección Investigación y Enseñanza. Diada Editora. Sevilla.

Porlán, R; Rivero, A. & Martín Del Pozo, R. (1998): Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: Estudios empíricos y conclusiones, en *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 271-289.

Roda, V.M. & Sánchez M.D. (1999): ¿Qué saben los alumnos de secundaria sobre la potabilización del agua? Elaboración de un cuestionario, en GARCÍA BARRIOS, S. y Martínez LOSADA, M.C. (coord.): *La didáctica de las ciencias. Tendencias actuales*. pp. 449-462.

Rodríguez, F. (2011): *Educación ambiental para la acción ciudadana: concepciones del profesorado en formación sobre la problemática de la energía*. Tesis Doctoral. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Solís, E. (2005): *Concepciones Curriculares del Profesorado de Física y Química en Formación Inicial*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. Dpto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.

Solís, E. & Porlán, R. (2003): Las concepciones del profesorado de Ciencias de Secundaria en Formación Inicial ¿Obstáculo o punto de partida?, en *Investigación en la Escuela*, 49. pp. 5-22.

Taldea, S. (2005): *Agua: Propuesta para abordar la diversidad. Educación primaria, educación secundaria obligatoria*. Bilbao. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Yus, R. (1994a): Dos mundos contradictorios, en *Cuadernos de Pedagogía*, 227, pp. 35-39