

En el presente artículo se analiza el proceso de construcción de conocimiento significativo, en relación con el uso, el consumo y la contaminación del agua, de un grupo de alumnos y alumnas de 1º de Bachillerato de un Centro de Educación Secundaria de Sevilla. Para este análisis hemos utilizado las respuestas de los estudiantes a una secuencia de actividades de clase.

PALABRAS CLAVE: *Educación Ambiental; Constructivismo; Complejidad; Investigación del alumno; Agua.*

El agua como recurso para investigar en el aula. Una investigación en la asignatura de *Ciencias para el Mundo Contemporáneo*

pp. 49-61

Jorge Fernández Arroyo*
Emilio Solís Ramírez**

IES Carmen Laffón y Universidad de Sevilla

IPEP de Sevilla y Universidad de Sevilla

Introducción

Una de las situaciones más complejas, que a nuestro entender, se producen hoy en día en el terreno de la didáctica de las ciencias, es la integración y articulación de investigación, innovación y práctica docente (Solís, 2011). Un reciente trabajo (Pro, 2009), pone de manifiesto la escasa participación como autores de trabajos de investigación del profesorado de niveles no universitarios. Como indica Solís (2011), es probable que esta escasa participación del profesorado no universitario se deba a varias razones: la escasez de tiempo para compaginar las tareas docentes con las labores de investigación, la falta de cultura profesional en este sentido, el hecho de considerarse más biólogos, químicos, etc., que profesores de biología, profesores

de química... y/o la falta de una incentivación adecuada. En este trabajo pretendemos aunar la función investigadora del profesorado no universitario con su labor docente, ya que esto nos puede permitir fundamentar el desarrollo de recursos didácticos, enfoques curriculares y procedimientos de evaluación que sustenten la innovación en la práctica de la enseñanza de las ciencias.

Para llevar a cabo esta investigación, hemos tomado como elemento central, el conocimiento que han adquirido los alumnos y alumnas de un grupo de 1º de Bachillerato mediante el uso de una determinada propuesta metodológica basada en la investigación del alumno. La temática en torno a la que ha girado dicha propuesta, ha sido el uso, consumo y contaminación del agua.

* IES Carmen Laffón (San José de la Rinconada) y Universidad de Sevilla. E-mail: jferarr10@us.es

** IPEP de Sevilla y Universidad de Sevilla. E-mail: esolis@us.es

✉ Artículo recibido el 25 de octubre de 2011 y aceptado el 21 de noviembre de 2011.

El agua, debido a sus especiales características (recurso frágil, escaso e imprescindible para la vida), ha sido utilizado como temática a partir de la cual conseguir que la población la adopte como recurso que se debe cuidar, conservar y disfrutar de una manera racional. Por ello, podemos afirmar que el agua es una de las temáticas más utilizadas en Educación Ambiental (EA, en adelante), en esta última década en nuestro país. Debido a este especial contexto, debería ser lógico esperar que la población con la que se ha realizado este estudio presentase un nivel de concienciación relativamente superior al que pueda presentar para otras temáticas. Sin embargo, estamos lejos de poder realizar esta afirmación.

Dentro del enfoque tradicional que la EA ha llevado a cabo en relación con la temática del agua, cabe destacar, por su insistente aparición, las campañas de ahorro de agua de carácter informativo y puntual (Hopper y Nielsen, 1991). Algunos estudios posteriores a estas campañas demostraron que, efectivamente, se produjo una disminución en el consumo (Mangas, Martínez y Pedauy, 1997). No obstante, debido a los problemas metodológicos que presentaban los diseños experimentales, los instrumentos de evaluación empleados o el tratamiento de datos aplicado, coincidimos con Leeming *et al.* (1993) en que debemos relativizar las conclusiones obtenidas. Entre las principales dificultades que la EA presenta, respecto a la temática del agua, para llegar a lograr el cambio profundo desde un *vieja cultura del agua* hacia una *nueva cultura del agua* podemos citar las siguientes: a) se utiliza la información como única herramienta de cambio; b) escaso tiempo empleado en EA a la hora de abordar la problemática hídrica; c) el carácter rígidamente vertical de las fases de una campaña de EA; y d) los contenidos trabajados no siguen un esquema gradual y progresivo. En definitiva, las carencias del tratamiento de la temática del agua en EA se corresponden con carencias teóricas de la EA y, más concretamente, con el predominio de un modelo activista en la práctica de la misma (Fernández, 2010; Cano, 2009; García Díaz, 2004)

Centrándonos ya en la experiencia que hemos desarrollado, nos hemos apoyado en dos modelos educativos que nos han servido de referencia en todo el proceso:

a. *Modelo de Enseñanza-Aprendizaje*. Tomamos como referencia el modelo de “Investigación en la Escuela”. En él se le da especial relevancia a los aspectos didácticos y al ajuste de la intervención educativa. Su base es la investigación de los participantes, constituyendo el motor que puede provocar cambios en los procesos de enseñanza y aprendizaje e involucra tanto al profesorado como al alumnado. Dichos cambios pretenden incidir en la evolución en sus formas de ver el mundo y actuar en él, tanto desde el punto de vista del desarrollo y actuación profesional, en el caso del docente, como, en general en el desarrollo personal de todos los participantes en el proceso de formación: alumnado y profesorado. Se sustenta en los paradigmas teóricos de la “perspectiva constructivista del aprendizaje” (Coll *et al.*, 1992; Cubero, 2005; García Díaz, 2004), la “perspectiva epistemológica de la complejidad” (García Díaz, 1997, 1998, 1999 y 2004) y la “investigación del alumnado” (García Pérez, 2000; García Díaz, 2004).

b. *Modelo de Educación Ambiental*. Dentro de la diversidad de modelos de EA que podemos encontrar hoy en día, esta investigación toma como referente el modelo de “perspectiva integradora” (García Díaz, 2004).

Metodología de la investigación

La propuesta metodológica de esta investigación se encuentra inmersa en dos paradigmas metodológicos, de acuerdo con la clasificación de Benayas, Gutiérrez y Hernández (2003), que se complementan entre sí:

a. *Investigación descriptiva* (Guba, 1981; Pérez Gómez, 1989; Shulman, 1989). Estamos ante un estudio de caso en el cual se describen los fenómenos basándonos en la observación que se realiza en el ambiente natural. En nuestro caso el aula es el propio “ambiente natural”. Este paradigma tiene como objetivo compren-

der la naturaleza de los procesos de enseñanza y aprendizaje desde la perspectiva de los participantes e identificar aquellos factores que sustentan la enseñanza y la actividad comunicativa

b. *Investigación-acción* (Elliot, 1993; Latorre, 2007). El objetivo principal de la intervención educativa desarrollada ha sido llegar a conclusiones con clara vocación de ser aplicadas. Podemos resumirlo en dos puntos: 1) la identificación tanto de los procesos de transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo como de las aportaciones que las perspectivas constructivistas realizan a la temática del uso, consumo y contaminación del agua; 2) la aplicación práctica y tangible de ambas identificaciones en la EA.

Los objetivos marcados en esta investigación tratan de responder a los siguientes problemas de investigación:

1º. ¿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?

2º. ¿En qué medida el alumnado es capaz de adoptar posiciones más relativistas?

3º. ¿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?

4º. ¿Cuál es el número y la complejidad de relaciones que se reconocen en cuanto al recurso hídrico? ¿Cómo cambia dicha concepción?

En cuanto a la muestra utilizada, el estudio de caso se ha llevado a cabo en un grupo de 1º Bachillerato de la modalidad de Ciencias y Tecnología en un Instituto de Educación Secundaria de Sevilla capital, durante el curso 2010/11. El grupo estaba constituido por 27 alumnos, de los cuales 15 son chicas (55,55%) y 12 chicos (44,45%). Las edades estaban comprendidas entre los 15 y los 16 años. Dos alumnos eran repetidores. Uno de los alumnos cambió de modalidad a mediados de curso, por lo que se optó por no incluirlo en el estudio, quedando la muestra en 26 alumnos.

La metodología empleada en el aula ha sido longitudinal con la idea de conocer los cambios producidos en el alumnado, así como sus

causas, ya que hemos realizado observaciones repetidas y ordenadas en el tiempo (Rabadán y Flor, 1998). En la experiencia hemos analizado los procesos que permiten la evolución de las concepciones del alumnado sobre el uso, consumo y la contaminación del agua, por lo que el carácter procesual también ha estado presente. La metodología se articula mediante una secuencia de actividades. Dentro de dicha secuencia, hemos seleccionado siete actividades que son las que más información aportan respecto a los cambios cognitivos acontecidos en el alumnado. Esta es la razón por la que las actividades que presentamos en este trabajo no aparecen numeradas correlativamente. A su vez, hemos distribuido estas siete actividades en tres grupos: el primero compuesto por tres actividades, el segundo por dos actividades y el tercero por otras dos actividades. A la hora de crear estas agrupaciones, hemos buscado aunar actividades de similar naturaleza. Esto ha permitido realizar un análisis en el tiempo de la evolución del pensamiento complejo del alumnado.

En el presente trabajo nos vamos a centrar en el análisis de un grupo compuesto por las siguientes: actividad 2 (Ciclo del agua), actividad 18 (Vida de una gota de agua) y actividad 21 (Ciclo del agua). Pasamos a resumir dichas actividades:

Actividad 2. Se ha usado un cómic sobre el Ciclo del agua donde sólo existe una viñeta completada (ver Figura 1). El resto de viñetas (y por lo tanto el orden) lo completó el alumnado. Su objetivo es hacer explícita la idea del alumnado sobre el Ciclo del agua. La cuestión que se ha planteado en dicha actividad ha sido: “¿De dónde viene el agua? ¿A dónde va? Completa las viñetas del siguiente cómic.”

Actividad 18. Se ha pedido al alumnado que desarrollen paso a paso los lugares y procesos por los que pasaría una gota de agua a lo largo de su vida. El objetivo fue el mismo que en la actividad 2, es decir, conocer la idea de Ciclo del agua que tiene el alumnado. Sin embargo, con esta actividad, se produce un cambio de contexto. En este caso no existen viñetas a las que ceñirse, sino que deben desarrollar la respuesta

con palabras, en un formato de redacción libre. La cuestión que se plantea en dicha actividad es: “Eres una gota de agua. Desarrolla paso a paso los lugares y procesos por los que pasarías a lo largo de tu vida”.

Actividad 21. Se repite la misma cuestión que en la actividad 2 (ver Figura 1), conformando una actividad de cierre.

En cuanto a los instrumentos de investigación, la selección se ha basado en la necesidad de cubrir la recogida de datos desde tres puntos de vista diferentes: lo que el alumnado piensa, lo que dice y lo que hace. Las técnicas utilizadas han sido, pues, las siguientes: a) observación directa, observación participante; b) recogida de información en el diario de clase del profesor; c) observación de las producciones; d) cuestionarios; e) entrevistas; y f) grabaciones de audio de las sesiones de clase.

Respecto a las hipótesis de partida, se resumen en la progresión de las ideas que esperábamos se diesen en el alumnado a lo largo de todo el proceso investigativo y que giran en torno a los problemas de investigación presentados anteriormente. Así:

– Hipótesis respecto al problema de investigación nº 1: Se espera que a lo largo del proceso de enseñanza el alumnado pase de considerar únicamente factores muy evidentes y que son fácilmente perceptibles a tener en cuenta aspectos del micro y macrocosmos que, inicialmente, para ellos son prácticamente inexistentes. Con mucha dificultad se logrará que el alumnado

cambie el lugar donde sitúa su foco de atención, relacionando entre sí estos niveles: macro, meso y microcosmos.

– Hipótesis respecto al problema de investigación nº 2: 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 3: Posiblemente, al inicio de la secuencia de actividades, el alumnado considerará escasas variables y pocas relaciones entre ellas. Conforme avance el proceso el número de variables aumentará.

– Hipótesis respecto al problema de investigación nº 4: Al igual que en el caso de las variables, el número de relaciones entre ellas será inicialmente bajos en los momentos iniciales, para aumentar progresivamente conforme el proceso vaya madurando, aumentando en número.

Los datos obtenidos de las actividades, han sido analizados utilizando un sistema de categorías general, que posteriormente hemos adaptado para cada una de las actividades. El sistema de categorías general está compuesto por cuatro categorías. Dentro de cada una de ellas se desarrollan unas “hipótesis de transición”. Éstas permiten dar coherencia al proceso de construcción de conocimientos por parte del alumnado y a las dificultades que encuentran en dicho proceso. Para establecer la naturale-

52

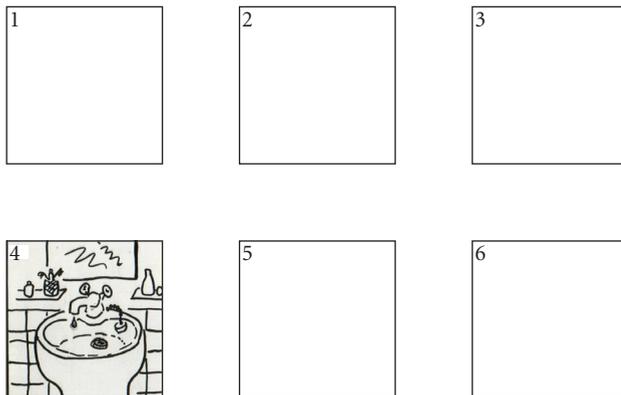


Figura 1. Viñetas para actividad sobre Ciclo del agua.

za de la progresión hemos optado por utilizar como criterio el conjunto de dimensiones (y la transición correspondiente) propuesta por García Díaz (1994, 1995, 1997 y 1998) y García Díaz y Rivero (1996) como transición desde un pensamiento simple hacia otro complejo. En todo caso, las categorías de análisis comienzan por las ideas más simples que pueda ofrecer el alumnado hasta llegar a un cierto grado de complejidad. Estas son:

– En la primera categoría hemos buscado conocer el grado en que el alumnado se centra en lo evidente. Para ello se realiza un recorrido desde los aspectos más fáciles de reconocer y manejar por el alumnado (nivel mesocosmos) hasta otros más dificultosos (nivel macro y micro), incluyendo la simultaneidad en el tratamiento de los mismos.

– En la segunda categoría hemos analizado la presencia de una o varias perspectivas en las concepciones del alumnado ante las situaciones planteadas. A esto lo hemos denominado grado de uniperspectivismo / pluriperspectivismo. Comenzamos con una visión sencilla uniperspectivista, para pasar a la posibilidad de la inclusión de relativizaciones en la misma. El nivel más complejo dentro de esta categoría es la posibilidad de aparición de más de una perspectiva.

– La tercera categoría que hemos analizado es el grado de complejidad alcanzado por los estudiantes respecto a los elementos considerados. Las variaciones posibles dentro de esta categoría van desde considerar un escaso número de elementos hasta la posibilidad de llegar a una riqueza de elementos.

– Finalmente la cuarta y última categoría analizada es el grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas. El nivel más simplista viene dado por la inexistencia de establecimiento de relaciones. Otro nivel sería cuando aumenta el grado de complejidad al pasar por los siguientes tipos de relaciones en gradiente de menor a mayor complejidad: relación binaria de causa–efecto, cadenas causales, relaciones ternarias y redes simples. El último nivel sería la consideración de interacciones (redes complejas).

Este sistema de categorías general se va adaptando al análisis de las diversas actividades analizadas. Para el caso de las actividades 2, 18 y 21 se resume en la Tabla 1 (ver en la página siguiente). En este sistema de categorías sólo aparecen las categorías 2, 3 y 4, ya que han sido las categorías para las que hemos obtenido información en estas actividades.

Resultados

Aunque el abanico de resultados obtenidos con esta investigación ha sido amplio, el modo más coherente de presentar dichos resultados, a nuestro entender, es clasificándolos mediante las categorías analizadas en las citadas actividades 2, 18 y 21. A continuación expondremos dichos resultados.

Categoría 2

Si nos centramos en la evolución de una alumna a lo largo de las actividades 2, 18 y 21 en la categoría 2, podemos ver cómo en cada actividad se sitúa en un nivel diferente. Ej.: Inés en la actividad 2 se situó en el *nivel “b”*:

“El ciclo del agua, como su nombre indica, es un ciclo, por lo que comienza donde termina. 1) El agua se evapora y se forman las nubes. 2) Las nubes se condensan y llueve. Esa agua va a los ríos, mares, etc. 3) El agua de los ríos pasa a la depuradora, donde se filtra y limpia para hacerla potable y que pueda llegar a nuestras casas. Más tarde pasa por las tuberías. 4) El agua llega a nuestras viviendas por las tuberías. 5) Después de ser utilizada, va por las tuberías al alcantarillado. 6) El agua del alcantarillado va a los ríos y después al mar. Finalmente vuelve a comenzar el ciclo”.

Sin embargo en la actividad 18, aunque seguía *situada* en el *nivel “b”*, se pueden observar una tendencia a evolucionar hacia el *nivel “c”*:

“Existen muchos tipos de gotas de agua, ya que existen muchos tipos de agua. Yo voy a seguir el recorrido de una gota de agua que cae

| |
|---|
| Categoría 2: Grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo |
| 2.a. Respuestas muy cerradas y tradicionales. |
| 2.b. Considera diferentes opciones en uno o dos parámetros*. |
| 2.c. Considera diferentes opciones en más de dos parámetros*. |
| Categoría 3: Grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados |
| 3.a. Considera solo elementos tradicionales. Ej.: Llueve en las montañas, llueve sobre los embalses, etc. |
| 3.b. Reconoce al mismo tiempo los procesos de potabilización y depuración. |
| 3.c. Tiene en cuenta diferentes recorridos al caer (infiltración, escorrentía, etc.) y diferentes orígenes (pozos, manantiales, embalses, ríos, desalinizadoras). |
| Categoría 4: Grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas. |
| 4.a. No existe la noción de ciclo. |
| 4.b. Existe la noción de un ciclo cerrado tradicional. |
| 4.c. Existe la noción de ciclo más abierto con diferentes opciones. |
| * El número de parámetros considerados en la Categoría 2 da lugar a la siguiente riqueza de opciones: |
| 1. Parámetro evaporación: reconoce que el agua puede evaporarse de diferentes sitios. |
| 2. Parámetro precipitación: reconoce que el agua puede precipitar a diferentes sitios. |
| 3. Parámetro recorrido: reconoce que, al caer, puede seguir diferentes recorridos. Ej: infiltración, escorrentía, etc. |
| 4. Parámetro tratamiento: reconoce que el agua tiene diferentes tratamientos (potabilización/depuración, transporte, etc., o no depurarse...). |
| 5. Parámetro origen o captación: reconoce que el agua puede tener diferentes orígenes (pozos, manantiales, embalses, ríos, desalinizadoras). |
| 6. Parámetro captación: reconoce que el agua puede proceder del río, del embalse, etc. |
| 7. Parámetro vertido: el destino final del agua usada es el río, mar, embalse, etc. |
| 8. Parámetro usos: agricultura, industria, urbano, etc. |

Tabla 1. Sistema de categorías para el análisis de las actividades 2, 18 y 21.

por la lluvia en un país del tercer mundo. Esa gota, aunque puede seguir varios recorridos, llega a un río que se encuentra contaminado, por lo que se contamina ella también. Después, es bebida por una persona de allí, ya que no existen sistemas de saneamiento de aguas, ni sistemas para potabilizar el agua, y la única agua que pueden beber está contaminada. Esa gota contaminada entra en el cuerpo de esa persona y le causa una enfermedad debido a que está contaminada. Dentro de su cuerpo, termina formando parte del sudor que se segrega debido a las altas fiebres. Esa gota en el sudor

se segrega y se evapora. Ahora, se encuentra en la atmósfera, y al llover, ese vapor de agua esta contaminado por la gota. Las precipitaciones se contaminan, y contaminan todo el medio por el que caen. Esa gota llega al suelo, contaminándolo y afectando a la flora y fauna existente en él. Esa gota se infiltra llegando a las aguas subterráneas, donde las contamina también. Este recorrido de la gota nunca terminaría, ya que seguirá contaminando por donde pase, y será un ciclo”.

Finalmente en la actividad 21, Inés se afianza en el nivel “c”:

| | Actividad 2 | Actividad 18 | Actividad 21 |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Nivel "a" | 51,85% | 17,65% | 42,30% |
| Nivel "b" | 37,03% | 29,41% | 46,15% |
| Nivel "c" | 11,11% | 52,94% | 11,54% |

Tabla 2. Resultados de toda la muestra para la categoría 2, en las actividades 2, 18 y 21.

“1) Las nubes se condensan al evaporarse el agua. Se producen precipitaciones y estas llegan a ríos, mares, lagos... 2) Terminan en un embalse donde se almacena el agua. 3) El agua se canaliza hasta potabilizadoras donde se hace potable para el consumo humano. 4) El agua ya potable se canaliza hasta nuestras viviendas donde se utiliza. 5) Una vez utilizada y ahora contaminada pasa a la estación depuradora de aguas residuales donde se depura para devolverse al medio natural y que no lo contamine. 6) Se devuelve al medio natural. Pienso que este ciclo no siempre es así, ya que por ejemplo una vez utilizada no siempre el agua pasa por la depuradora, sino que muchas veces se devuelve al medio natural sin depurar y por tanto contaminando el medio. Además, a lo largo de todo el ciclo se producen evaporaciones e infiltraciones a las aguas subterráneas”.

Los resultados obtenidos en toda la muestra para la categoría 2, grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo, en los niveles “a”, “b” y “c” de las actividades 2, 18 y 21 se resumen en la Tabla 2:

Como se observa en la Figura 2, donde presentamos líneas de tendencia en cuanto al grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo, la actividad 18 presenta los mayores valores para el nivel “c”. Los valores del nivel “b” varían poco entre la actividad 2 y 18, por lo que el ascenso del nivel “c” se produce a costa del descenso del nivel “a”. Por tanto pocos alumnos y alumnas evolucionan desde el nivel “b” hacia el nivel “c”, mientras que un número significativo lo hacen desde el nivel “a” al nivel “c”. Una vez en la actividad 21, los valores del nivel “c” y “a” se restablecen a niveles similares a los presentados en la actividad 2, siendo el nivel “b” el nivel al que regresan los alumnos que anteriormente habían llegado a “c”.

Categoría 3

Si nos centramos en la evolución de una alumna a lo largo de las actividades 2, 18 y 21 en la categoría 3, podemos ver cómo en cada

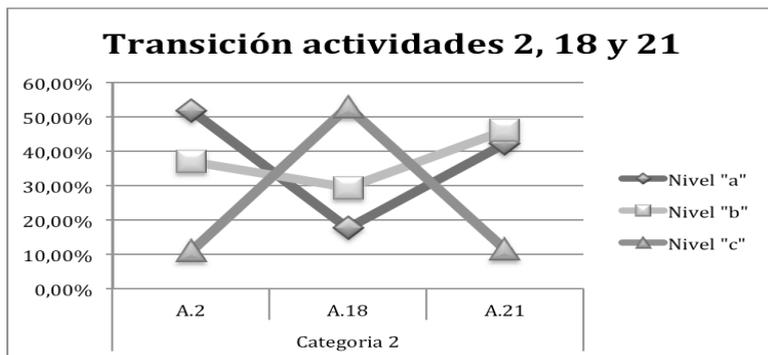


Figura 2. Tendencias de los diversos niveles en la categoría 2, en las actividades 2, 18 y 21.

actividad se sitúa en un nivel diferente. Ej.: Catalina en la actividad 2 se situó en el nivel “a”:

“El agua cae en forma de lluvia en las montañas y se acumulan en los lagos y ríos. Luego esa agua se potabiliza en unas centrales. Esa agua potabilizada es conducida por tuberías a las ciudades. Las personas la utilizan y una vez utilizadas van a las alcantarillas y de allí van al mar”.

Sin embargo en la actividad 18 logra evolucionar hacia el nivel “c”:

“En la parte más alta, donde el hombre no puede tocar, aparece una acumulación de aire en la atmósfera. De ahí, millones de gotas de agua salen y no todas tendrán una misma vida. Las gotas nacen allí como hermanas hasta que, cuando haya muchas y estas se condensan más, caen al suelo de la tierra. Aquí empezaría la aventura de estas gotas y como puede haber muchas, solo contaré una: había una gota que era muy pequeña. Cayó en la parte más alta de una montaña. Esta gota no tenía rumbo alguno ya que no sabía dónde se encontraba ni que iba a ser de ella. Cuando el viento sopló, esta pequeña gota resbaló por las rocas, se juntó con otras hermanas y amigas suyas haciéndose compañía para no pasar miedo solas, pero muchas fueron perdiéndose filtrándose por huecos que se encontraban en la tierra perdiendo sus rastros completamente. Después de pasar tanto miedo por el camino, la pequeña gotita y unas cuantas amigas desembocaron en un río en el que millones de gotas, pequeñas y grandes, todas unidas, circulaban. Nuestra pequeña gota creía que estaba a salvo pero no esperaba lo que venía después. Esta gotita lo pasaba bien con sus amigas, todas eran simpáticas y las curvas del río eran divertidas pero el peligro acechaba. Grandes animales rodeaban este río tomando gran parte de sus compañeras de viaje. Después de un momento de tensión por culpa de esos monstruos que era para ella, una cascada apareció cayendo todas a un lago aplastándose unas con otras. Al mantenerse ahí en reposo unas cuantas horas, una puerta se abrió y empezó a succionarlas pasando por una serie de máquinas y aparatos extrañas para ellas. Notaba como si las estuviera limpiando, quitándoles todo tipo de microbios que las acompañaba. Acaba-

ron todas finalmente en un recipiente grande y oscuro. Ninguna de las gotas sabía dónde estaba. De ahí, después de muchos movimientos dentro del recipiente por sucesos del exterior, parece que todo se calmó pero de buenas a primeras el recipiente volcó cayendo todas en un terreno de tierra y mineral. Nuestra gotita se filtró con todas sus compañeras pero no todas fueron al mismo lugar. Fueron succionadas por plantas a través de las raíces. De ahí, se mezcló con las sales minerales y otros gases que se encontraban en el suelo. Subieron por un tubo estrecho llegando hasta las hojas y de allí siguió mezclándose con otros gases como el O₂. Luego uno de los animales que vio nuestra gotita en el río volvió a aparecer. Ella pensaba que estaba a salvo encontrándose en aquella planta, pero este animal empezó a comerse la planta y con él, las gotas de agua contenidas en ella. Esta gota empezó a recorrer varios tubos y órganos sin parar de absorberla. Nuestra gotita estaba un poco harta de todo esto, echaba de menos la atmósfera y su nube. Luego, acabo en una pequeña bolsa con algunos ácidos y amoníaco siendo expulsado al exterior. Volvió a ver la luz del Sol. De ahí muchas sustancias permanecieron en la tierra y otras se volvieron a filtrar, pero nuestra gotita volvió al aire, volando, transformándose de nuevo en vapor de agua. Pensaba que era un sueño. Al final, mientras esta gotita volvía a la atmósfera, observaba que muchas de las gotas iban a otros sitios y tenían otra vida, incluso peores que ella. Muchas la reutilizaban una y otra vez, mareándolas completamente, otras se mezclaban con sustancias tóxicas y no podían salir de los acuíferos, otras acababan formando cosas y en los vertederos... Así que ella pensó que su vida no había estado tan mal. Hizo un proceso natural, pero ella sabía que este proceso podía repetirse de nuevo... o no”.

Finalmente en la actividad 21, Catalina sufre un retorno hacia el nivel “b”:

“El agua precipitada de las nubes baja a la tierra. Viaja por ríos hasta llegar a un embalse. De allí, va a una planta potabilizadora que, una vez el agua lo esté, es conducida por tuberías a las ciudades o pueblos (grifo). Luego, esa agua es conducida luego por tuberías u otros medios

| | Actividad 2 | Actividad 18 | Actividad 21 |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Nivel "a" | 33,33% | 17,65% | 26,92% |
| Nivel "b" | 59,26% | 41,17% | 65,38% |
| Nivel "c" | 7,40% | 41,17% | 7,70% |

Tabla 3. Resultados de toda la muestra para la categoría 3, en las actividades 2, 18 y 21.

siendo evaporada por el medio pero la mayor parte se queda volviendo a la planta potabilizadora para volver a ser potabilizada”.

Los resultados obtenidos en toda la muestra para la categoría 3 en los niveles “a”, “b” y “c” de las actividades 2, 18 y 21, en relación con el grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados, se resumen en la Tabla 3:

Como se observa en la Figura 3, donde hemos representado líneas de tendencia en relación con el grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados, se produce una dinámica muy similar a la comentada anteriormente para la categoría 2. En el paso de la actividad 2 a la actividad 18, los niveles “a” y “b” sufren un descenso en el número de casos por la evolución del alumnado desde estos niveles hacia el nivel “c”. Estas dos evoluciones supone que los niveles “b” y “c” se igualen en la actividad 18. Finalmente los niveles “a”, “b” y “c” retoman valores similares a los que presentaban en la actividad 2.

Categoría 4

Si nos centramos en la evolución de un alumno a lo largo de las actividades 2, 18 y 21 en la categoría 4, podemos ver cómo en cada actividad se sitúa en un nivel diferente. Ej.: Gonzalo en la actividad 2 se situó en el nivel “a”:

“1) Del mar se evapora. 2.) Se forman las nubes y llueve y llega a los ríos. 3.) El agua del río llega a una depuradora y se depuran las aguas. También, al llover, caen las gotas a los depósitos de agua y de ahí, directamente, se depuran y pasa a las tuberías. 4.) El agua llega a nuestras casas. 5.) Vuelve por las tuberías hacia otras depuradoras y lo vierten al río. 6) El río llega al mar”.

Sin embargo en la actividad 18 logra evolucionar hacia el nivel “b”:

“La gota de agua cae de las nubes en forma de precipitación (líquido) y, en muchos casos, llega a un río. Siguiendo el recorrido del mismo llega a un determinado lugar en el que se pro-

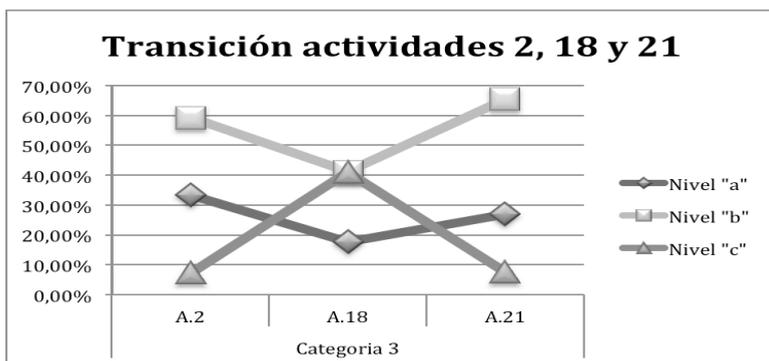


Figura 3. Tendencias de los diversos niveles en la categoría 3, en las actividades 2, 18 y 21.

| | Actividad 2 | Actividad 18 | Actividad 21 |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Nivel "a" | 48,15% | 11,76% | 23,07% |
| Nivel "b" | 51,85% | 58,82% | 69,23% |
| Nivel "c" | 0% | 29,41% | 7,70% |

Tabla 4. Resultados de toda la muestra para la categoría 4, en las actividades 2, 18 y 21.

duce un salto o fuerte caída del agua, la cual es controlada por una central hidroeléctrica. Debido a la fuerza de la caída del agua, la misma es aprovechada por la central para transformarla en energía, con lo cual, la gota se transforma en energía. Parte de la misma gota que no es utilizada sigue el discurrir del río, en el cual, puede transformarse su estado por la acción de agentes externos en estado gaseoso (vapor de agua), con lo cual llega de nuevo a las nubes, comenzando de nuevo el ciclo".

Finalmente en la actividad 21, Gonzalo permanece en el nivel "b":

"1) Se evapora el agua y forman nubes. 2) Lluvia y se forman los depósitos de agua. 3) Del depósito de agua va a la depuradora y de ahí a las cañerías. 4.) De las cañerías van hacia las casas y de ahí otra vez a las cañerías. 5.) De las cañerías pasa a la depuradora y de ésta a unos conductos. 6.) Esos conductos llevan de nuevo el agua al mar".

Los resultados obtenidos en toda la muestra para la categoría 4 en los niveles "a", "b" y "c" de las actividades 2, 18 y 21, en relación con el

grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas, se resumen en la Tabla 4.

Como se observa en la Figura 4, donde hemos representado líneas de tendencia en relación con el grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas, en la actividad 2 los niveles "a" y "b" muestran un número de casos muy similar. Sin embargo el nivel "c" no presenta ningún caso. El paso de la actividad 2 a la actividad 18 supone una evolución desde el nivel "a" (cuyos valores descienden) hacia los niveles "b" y "c" (cuyos valores ascienden). En la actividad 21, por el contrario, se produce un retorno desde el nivel "c" (cuyos valores descienden), hacia los niveles "a" y "b" que ascienden.

Conclusiones e implicaciones didácticas

A continuación expondremos las conclusiones. Para mantener la coherencia interna de la investigación hablaremos de conclusiones relacionadas con la evolución del conocimiento

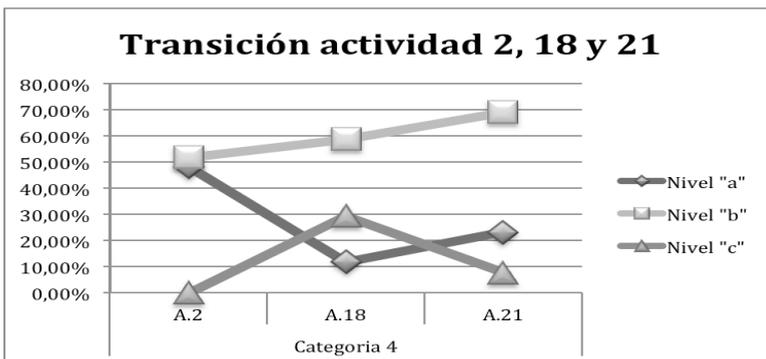


Figura 4. Tendencias de los diversos niveles en la categoría 4, en las actividades 2, 18 y 21.

del alumnado, conclusiones sobre la relación entre la intervención didáctica realizada y la evolución del conocimiento del alumnado y, por último, las conclusiones de tipo metodológico.

a. *Conclusiones relacionadas con la evolución del conocimiento del alumnado.* Por un lado, en la *categoría 2* (grado de uniperspectivismo y pluriperspectivismo) el alumnado no presenta dificultades para evolucionar desde el nivel “a” hacia el nivel “b” y desde el nivel “b” al nivel “c”. Es decir, llegar al nivel “c”, parece que no presenta excesivas dificultades. No obstante el retorno desde el nivel “c” hasta el nivel “a”, pasando por el nivel “b” se produce con la misma facilidad. En esta categoría 2 los niveles donde se mantiene la mayoría del alumnado en la última actividad son los niveles “a” y “b”. En la *categoría 3* (grado de complejidad en cuanto a los elementos considerados) se repite la misma dinámica de fáciles evoluciones y retornos entre los niveles “a”, “b” y “c” que se producen en la categoría 2. Sin embargo, el nivel donde se establecen la mayoría del alumnado al final del proceso, ya no es el nivel “a” y “b”, sino solo el nivel “b”. Por último, en la *categoría 4* (grado de complejidad en cuanto a las relaciones consideradas), se repite la misma dinámica de fáciles evoluciones y retornos entre los niveles “a”, “b” y “c” que se producen en la categoría 2 y 3. Sin embargo hemos de destacar que, pese a estas evoluciones y retornos, en ningún momento del proceso deja el nivel “b” de aumentar en número de casos, erigiéndose como el nivel donde se mantiene la mayoría del alumnado.

b. *Conclusiones sobre la relación entre la intervención didáctica realizada y la evolución del conocimiento del alumnado.* La intervención didáctica que hemos desarrollado ha permitido la evolución de un número significativo de alumnos desde un pensamiento simple hacia otro complejo. Las razones por las que pensamos se ha logrado esta evolución son: por un lado hemos tenido en cuenta las ideas previas del alumnado a la hora de diseñar las actividades planteadas, determinando los contenidos que más les interesaban y los que menos. Además hemos establecido un hilo conductor

común para todas las actividades: las diferentes fases por la que puede pasar el agua en su uso y consumo y las circunstancias que rodean a la contaminación de la misma. También hemos constituido fases de inicio, desarrollo y cierre dentro de cada actividad, donde hemos establecido periodos de acción-reflexión. Finalmente hemos diseñado un número suficientemente amplio de actividades como para realizar un proceso completo de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, al igual que se produce dicha evolución, el alumnado también presenta retornos. Las razones que apuntamos como principales desde esta investigación son, por un lado, los cambios de contexto que se producen entre una y otra actividad. Pese a que hemos establecido un hilo conductor común para todas las actividades, el contexto de cada una de ellas resultó muy diferente entre sí. Por otro lado, el carácter puntual de esta intervención educativa, sin una continuidad más prologada en el tiempo. Quizás una intervención que englobara varios cursos lograría una eficaz transferencia de conocimiento relativamente independiente de los cambios de contextos.

c. *Conclusiones de tipo metodológico.* Como ya hemos mencionado anteriormente, no hemos logrado que todas las actividades diseñadas presenten la misma naturaleza de contexto. Esto ha supuesto por un lado que solamente algunas actividades puedan ser tenidas en consideración a la hora de realizar un análisis de la evolución del conocimiento del alumnado. Por otro lado, las respuestas vienen condicionadas por dicha naturaleza de contexto. Como ejemplo podemos citar la actividad 18, donde la respuesta narrativa que se solicita da lugar a un nivel de complejidad mayor que en las respuestas de las actividades 2 y 21, planteadas con un lenguaje más icónico y directo como es el formato de viñetas. Finalmente, el establecimiento de tres niveles de complejidad dentro de cada categoría (“a”, “b” y “c”) nos ha permitido diferenciar claramente las evoluciones y retornos entre dichos niveles.

En resumen el alumnado, en el proceso de construcción del conocimiento, es capaz de evolucionar y retornar con la misma facilidad

desde un pensamiento simple a uno complejo y viceversa. Son necesarias futuras investigaciones que conformen la influencia de las limitaciones metodológicas planteadas sobre estos hechos.

REFERENCIAS

- BENAYAS, J.; GUTIÉRREZ, J. I. y HERNÁNDEZ, N. (2003). *La investigación en educación ambiental en España*. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Naturales.
- CANO, M. I. (2009). La investigación escolar: un asunto de enseñanza y aprendizaje en la Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela* 67, 63-79.
- COLL, C.; COLOMINA, R.; ONRUBIA, J. y ROCHERA, M. J. (1992). Actividad conjunta y habla: una aproximación al estudio de los mecanismos de influencia educativa. *Infancia y Aprendizaje*, 59/60, 189-232.
- CUBERO, R. (2005). *Perspectivas constructivistas: la intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: Graó.
- ELLIOT, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación acción*. Madrid: Morata.
- FERNÁNDEZ, J. (2010). Investigando el agua en Bachillerato. *Investigación en la Escuela* 70, 21-30.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (1995). *Epistemología de la complejidad y enseñanza de la ecología: el concepto de ecosistema en la educación secundaria*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Sevilla.
- GARCÍA DÍAZ, 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. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 37-48.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa de los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en educación ambiental. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-32.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. (2004). *Educación Ambiental, Constructivismo y Complejidad*. Sevilla: Díada Editora.
- GARCÍA DÍAZ, J. E. y RIVERO, A. (1996). La transición desde un pensamiento simple a otro complejo, en el caso de la construcción de las nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela* 28, 23-36.
- GARCÍA PÉREZ, F. F. (2000). Un modelo didáctico alternativo para transformar la educación: el Modelo de Investigación en la Escuela. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, IV(64) (15 de mayo de 2000). En <<http://www.ub.es/geocrit/sn-64.htm>>. (Consultado el 18 de septiembre de 2011).
- GUBA, E. (1981). Criterios de credibilidad en la investigación naturalista, En Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. (1989). *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid. Akal.
- HOPPER, J. R. y NIELSEN, J. M. (1991). Recycling as altruistic behavior. Normative and behavioral strategies to expand participation in a community recycling program. *Environment & Behavior*, 23(2), 195-220.
- LATORRE, A. (2007). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- LEEMING, K. C.; DWYER, W. O.; PORTER, B. E. y COBERN, M. K. (1993). Outcome research in Environmental Education: a critical review. *Journal of Environmental Education*, IV.24(4), 8-21.
- MANGAS, V. J.; MARTÍNEZ, P. y PEDAUYÉ, R. (1997). Analysis of environmental concepts and attitudes among Biology degree students. *Journal of Environmental Education*, 29(1), 28-33.
- PÉREZ GÓMEZ, A. (1989). Paradigmas contemporáneos de investigación didáctica. En Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal.
- PRO, A. (2009). ¿Qué investigamos sobre la didáctica de las ciencias experimentales en nuestro contexto educativo? *Investigación en la Escuela*, 69, 45-59.

- RABADÁN, J. M. y FLOR, J. I. (1998). La modificación de la práctica docente: un estudio longitudinal en el tiempo. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 15, 47-54.
- SHULMAN, L. S. (1989). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En Wittrock, M. C. *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: Paidós/MEC.
- SOLÍS, E. (2011). ¿Cómo integrar la investigación, la innovación y la práctica en la enseñanza de las ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 68, 80-88.

ABSTRACT:

Water as a Resource to Research in the Classroom. A Research in the School Matter Sciences for the Contemporary World.

This article discusses the process of constructing of meaningful knowledge in relation to the use, consumption and water pollution, of a group of 1st year of Bachillerato students, in a Secondary Education Centre of Seville. For this analysis we have used the students' responses to a sequence of classroom activities.

KEYWORDS: *Environmental Education; Constructivism; Complexity; Student's Research; Water.*

RÉSUMÉ

L'eau comme une ressource pour rechercher dans la salle de classe. Une recherche dans la matière de Sciences pour le Monde Contemporain.

Cet article examine le processus de construction des connaissances significatives, par rapport à l'utilisation, la consommation et la pollution de l'eau, d'un groupe d'étudiants de 1^o de Bachillerato (deux ans avant l'université) d'un centre d'enseignement secondaire de Séville. Pour cette analyse, nous avons utilisé les réponses des élèves à une séquence d'activités dans la classe.

MOTS CLÉS: *Éducation environnementale; Constructivisme; Complexité; Recherche des étudiants; Eau.*

