

Analizar una problemática ambiental local para practicar la argumentación en clase de ciencias

Alba González Picáns¹ y Blanca Puig²

¹Máster en Profesorado de Secundaria, Universidade de Santiago de Compostela, España.²Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, España. E-mails: alba.gonzalez.picans4@gmail.com, blanca.puig@usc.es

Resumen: Este estudio se enmarca en la investigación sobre argumentación acerca de cuestiones socialmente vivas de ecología. Los participantes son un grupo de estudiantes de secundaria de un centro rural próximo al área afectada por el problema ambiental objeto de estudio. Se presentan parte de los resultados de una secuencia que involucra al alumnado en el análisis de una problemática ambiental local, la disminución de truchas del río. Los resultados indican que los participantes presentan dificultades a la hora de argumentar acerca de la problemática ambiental en base a datos empíricos y observacionales, así como para analizar de manera crítica informaciones proporcionadas sobre las causas de esta problemática ambiental. La mayor parte del alumnado considera que este problema afecta a todo el ecosistema fluvial, lo que se conoce como "efecto red".

Palabras clave: cuestiones socialmente vivas, argumentación, aprendizaje de ecología, relaciones tróficas.

Title: Analyzing a local environmental problem to practice argumentation in the science classroom.

Abstract: This study is part of a research on argumentation about a "social alive issue" in ecology. The participants are a group of secondary students of a rural school near the area affected by the environmental problem object of study. We present part of the analysis of the results of a unit that involve students in the examination of a local environmental problem, the decline of trout in a river. The results indicate that participants have difficulties to argue about the environmental problem using empirical and observational data, as well as to analyze critically the information provided about the causes of the problem. Most of the students consider that the declining of trout affects the entire river ecosystem, which is known as "network effect".

Keywords: social alive issues, argumentation, learning ecology, trophic network.

Introducción

Los problemas ambientales son contextos significativos que posibilitan la transferencia de conocimientos y la reflexión acerca del papel de la ciencia en la sociedad (Puig, 2015). Temas como los impactos producidos por los

incendios forestales, el cambio climático o el efecto invernadero, recogidos en el currículum de secundaria (MEC, 2007), son abordados en el aula de ciencias. La importancia de trabajar temas de ecología en el aula es indiscutible, ya que se trata de problemas reales de actualidad y que, por lo tanto, pueden generar un gran interés entre los estudiantes. Este estudio utiliza un enfoque de aprendizaje de ecología basado en la resolución de problemas ambientales locales familiares para el alumnado que permitan su análisis "in situ".

Los problemas ambientales forman parte de las cuestiones socio-científicas (CSC), en el sentido de que se trata de problemas complejos en cuya evaluación se ponen en juego conocimientos científicos y factores sociales (Simonneaux, 2001). La enseñanza de temas de ecología debe proporcionar herramientas al alumnado que lo capaciten para el análisis crítico de problemas socio-ambientales que afectan a la conservación y buen funcionamiento de ecosistemas.

Este trabajo pretende aproximar al alumnado al estudio de una problemática ambiental local que afecta al río del pueblo donde se sitúa el centro educativo. La disminución de las truchas del río Gallo (Cuntis, Galicia) es un problema ambiental que genera controversia sobre las posibles causas de la muerte de las truchas. Esta polémica fue publicada por diversos medios de comunicación en el mismo momento en que se desarrolló el estudio, por lo que se considera una cuestión socialmente viva (CSV). El trabajo se enmarca dentro de los estudios de argumentación sobre CSV de ecología. Pretendemos examinar la capacidad del alumnado para identificar y valorar el estado de salud de un río en base a la observación "in situ" del ecosistema y el análisis de informaciones sobre las causas del problema. Como ponen de relieve Bravo Torija y Jiménez Aleixandre (2012), los estudios de aprendizaje de ecología apenas abordan los desafíos relacionados con la aplicación de nociones de ecología complejas en contextos de la vida real, como flujo de energía. Este trabajo pretende contribuir al conocimiento sobre los desafíos que presenta para el alumnado analizar una controversia ambiental que requiere la aplicación de nociones de ecología complejas. Los objetivos que guían el trabajo son:

1. Examinar el uso de criterios por un grupo de estudiantes para valorar el estado de salud de un río, y comprobar en qué medida varían o no tras analizar "in situ" ese ecosistema.
2. Analizar el uso de pruebas en la identificación de causas de un problema ambiental y en la construcción de explicaciones sobre este.

Marco teórico

Cuestiones socialmente vivas para el aprendizaje de ciencias en contexto

Se entiende por CSV una cuestión controvertida objeto de debate social que cumple dos condiciones (Legardez y Simonneaux, 2006): 1) está viva en la "sociedad" y, 2) está viva en los "saberes de referencia".

Las CSV son problemas complejos relacionados con el "conocimiento público" de la ciencia (Martins, 2013), en cuya toma de decisiones intervienen distintos agentes sociales. Un ejemplo de CSV es la del estudio

de Puig, Pérez Maceira y Montero Vilar, (2015), sobre la sucesión de seísmos en el Delta del Ebro.

La disminución de truchas del río Gallo, controversia que se aborda en este artículo, constituye un problema actual sobre el que existen opiniones enfrentadas acerca de sus responsables. En línea con Morin y otros (2014), consideramos que las CSV reflejan las representaciones sociales y los sistemas de valores que los ciudadanos y ciudadanas creen que son importantes debatir. La ciudadanía del siglo XXI, para poder hacer frente de manera crítica a dilemas de su contexto más próximo, necesita disponer de conocimientos científicos (Díaz Moreno y Jiménez Liso, 2012).

Autores como Sadler (2011), apoyan que el objetivo de la alfabetización científica es lo que Roberts (2007) define como visión II: formar individuos capaces de enfrentarse, negociar y tomar decisiones sobre problemas cotidianos que involucren a la ciencia. Es decir, primar una "ciencia para todos" en lugar de tan sólo para los pocos que se dedican profesionalmente a ella. Por lo tanto, de acuerdo a Sadler (2011): "si la promoción de la ciudadanía es una prioridad para los educadores de la ciencia, entonces tenemos que considerar los contextos que creamos para que los alumnos experimenten la ciencia" (Sadler, 2001, p.1).

Las CSC, dado su carácter controvertido, además de favorecer el aprendizaje de ciencias, ofrecen un contexto adecuado para la formación de estudiantes como ciudadanos comprometidos y con capacidad crítica (Jiménez Aleixandre, 2010). El contexto se convierte así en un factor muy importante en el aprendizaje, más allá de ser un escenario en el que tiene lugar este proceso (Sadler, 2011).

Teniendo en cuenta el rápido avance en conocimientos científicos y nuevas tecnologías, la educación científica debe servir de base para formar una ciudadanía informada que participe en las libertades y poderes de una sociedad democrática, moderna y tecnológica (Berkowitz e Simmons, 2003). La co-evolución entre el hombre y la biosfera es, probablemente, una de las tareas más importantes que atañen a la sociedad y, especialmente al sistema educativo (Sánchez y Pontes, 2010). La educación en valores ecológicos requiere avanzar y promover una ética medioambiental global (España e Prieto, 2009).

Entre los numerosos estudios que existen sobre aprendizaje contextualizado de ciencias, cobran especial interés para nuestro trabajo, los que versan sobre problemas ambientales como el que aborda las mortalidades masivas en la piscifactoría del río Xestosa (Jiménez Aleixandre, 1994), o la gestión de recursos de una bahía (Bravo Torija y Jiménez Aleixandre, 2012; 2013).

Argumentación sobre controversias de ecología

La argumentación es una práctica que forma parte del proceso de construcción de conocimiento en la que los argumentos se construyen para explicar un fenómeno (Jiménez Aleixandre, 2010), la "disminución de truchas de un río". En ocasiones, no es clara la diferencia entre un argumento sobre cuestiones puramente disciplinarias y sobre CSC, siendo más útil, como señalan Jiménez Aleixandre y Puig (2012), incluirlos dentro

de un *continuum*. Este *continuum* abarcaría desde argumentos situados en el extremo disciplinar hasta argumentos situados en el extremo socio-científico.

La controversia sobre la disminución de truchas del río Gallo involucra argumentos que pueden situarse en el medio de este "continuum". Por un lado, los estudiantes tienen que dar razones sobre las causas de disminución de las truchas valorando la disponibilidad de datos; y por otro lado, la fiabilidad de los datos recogidos "in situ" para resolver la pregunta planteada. Además, deben contemplar aspectos sociales como los intereses institucionales, económicos y éticos, entre otros, alrededor del problema.

La argumentación es fundamental en la resolución de controversias científicas (Evagorou, Lymbouridou y Nicolau, 2013), y la capacidad para argumentar puede definirse como:

ser capaz de evaluar los enunciados en base a pruebas, es decir reconocer que las conclusiones y los enunciados científicos deben estar justificados, en otras palabras, sustentados en pruebas (Jiménez Aleixandre, 2010, p.17).

Partimos de esta definición y siguiendo a Kuhn (1991), consideramos la argumentación una práctica fundamental para capacitar a las personas para resolver problemas, emitir juicios razonados, y tomar decisiones no sólo en el contexto puramente científico, sino en contextos como el que aquí presentamos.

Una forma de promover la argumentación y de trabajar la lectura y la evaluación crítica de CSC es con noticias de prensa (Marbá, 2010). Para que los estudiantes sean capaces de analizar críticamente noticias sobre CSC, es necesario trabajar en el aula el desarrollo de destrezas de pensamiento crítico (Solbes, 2013a; 2013b), entre las que se incluyen ser capaz de cuestionar la información y de tomar una posición crítica respecto al texto (Díaz Moreno y Jiménez Liso, 2012).

Existen diversos trabajos sobre aprendizaje de ecología, pero tan sólo una pequeña proporción tratan conceptos de ecología complejos usando un enfoque que permita trabajar el desarrollo de pensamiento crítico. Destacamos el estudio de Bravo Torija y Jiménez Aleixandre (2012; 2013), quienes proponen abordar la gestión de recursos marinos usando un enfoque que proporcione al alumnado una visión dinámica de la ecología. De acuerdo a estas autoras, abordar el problema de la gestión de recursos marinos requiere aplicar modelos complejos como el de flujo de energía, y así entender la dinámica de un ecosistema y las relaciones tróficas entre organismos.

Morin y otros (2014) señalan que el razonamiento sobre CSV o de sostenibilidad debe ser puesto en contexto de manera colectiva. El problema que se plantea al alumnado con esta CSV pone en juego conflictos de intereses que pueden interferir en el desarrollo de sus argumentos científicos. Al igual que autoras como Simonneaux (2001), proponemos trabajar la argumentación sobre CSC como medio para formar estudiantes capaces de participar activamente en decisiones que afectan directamente al medio ambiente y a la sociedad. Enseñar a los estudiantes a identificar y a evaluar opiniones para construir las suyas, tiene importancia científica y

social, y debe considerarse un aspecto esencial de la educación y de la alfabetización científica.

Pensamiento crítico en el análisis de un problema ambiental

Partimos de la definición de pensamiento crítico (PC) de Ennis (1985, p.16), quien lo define como: "Forma de pensamiento reflexivo y razonable que se centra en decidir qué creer o hacer". El PC de acuerdo con este autor, cumple con dos funciones principales, decidir qué creer y qué hacer, por lo que éste tiene un impacto directo sobre las acciones de las personas.

El desarrollo de capacidades de PC constituye uno de los objetivos centrales de la educación científica (Vieira, Tenreiro Vieira y Martins, 2010). Estos autores justifican la importancia de promover el PC en tres dimensiones: a) la ética, b) la intelectual y c) la pragmática. Nuestra perspectiva es que en todas ellas, interviene la disposición para cuestionar las ideas dominantes en un grupo o comunidad, idea tomada de la caracterización de Pensamiento Crítico de Jiménez Aleixandre y Puig (2012).

Tener PC implica estar informado sobre un problema, es decir, no limitarse a los discursos dominantes en la sociedad, sino conocer posturas alternativas bien argumentadas, y ser capaz de analizar pruebas que sustenten diferentes posturas (Solbes, 2013a). En el caso de la controversia presentada en este trabajo, desarrollar PC requiere por parte del alumnado desarrollar criterios para valorar el problema ambiental, la disminución de truchas, en base a: la observación del ecosistema, la obtención de datos sobre la calidad del agua, el análisis de distintas informaciones acerca de las posibles causas de la muerte de las truchas. La salida al río afectado pretende servir para concienciar al alumnado y para que puedan contrastar los datos de prensa con los obtenidos de forma empírica.

A pesar de la existencia de numerosos estudios de argumentación y PC acerca de CSC, los que abordan específicamente la ecología de los ecosistemas y su relación con el PC, son muy poco numerosos (Bravo Torija y Jiménez Aleixandre, 2012; 2013). La mayoría de trabajos encontrados se centran en diferentes aspectos de educación ambiental. Apoyamos la idea de que educar de manera ambiental, implica desarrollar capacidades relacionadas con el PC, que posibiliten la toma de decisiones individuales y colectivas, teniendo como marco las "reglas del juego" de las sociedades democráticas (Sanmartí y Pujol, 2002). Este estudio aborda las tres dimensiones para trabajar la educación ambiental propuestas por Lucas (1992): educación "sobre", "en" y "para" el ambiente, siendo en todas ellas imprescindible el desarrollo del pensamiento crítico.

Metodología: participantes y tareas a realizar

Este trabajo incluye un estudio de caso (Moore, Lapan y Quartaroli, 2012), que se corresponde con un aula de 4º de la ESO. El objetivo principal es estudiar la práctica de la argumentación y de uso de pruebas por un grupo de estudiantes de secundaria en el transcurso de la realización de una secuencia de actividades sobre las relaciones tróficas y el análisis de problema ambiental, la disminución de truchas en el río Gallo.

Participantes y contexto: catorce estudiantes de 4º de la ESO cursando la materia optativa de Biología y Geología en un centro público localizado en

una pequeña población rural con tradición agrícola y ganadera y cuya principal actividad económica son sus aguas mineromedicinales. El pueblo dispone de un balneario situado en las proximidades del centro educativo y es frecuentado por todos sus habitantes y poblaciones colindantes.

El aula está formada por nueve alumnas y cinco alumnos, acostumbrados a realizar actividades en grupo, entre las que destacamos dos salidas al río durante el curso. Los estudiantes trabajan durante toda la secuencia en cuatro grupos mixtos de tres o cuatro integrantes, con el objetivo de que los distintos miembros de cada grupo se nutran de las ideas de los demás y aprendan a contrastarlas mediante razonamientos científicos.

Con el fin de que el alumnado pueda construir opiniones razonadas sobre la problemática ambiental del río, además de los datos extraídos de la salida al río en la que analizan diferentes parámetros físico-químicos, disponen de otra información externa: por un lado, las opiniones de sus allegados (familia y vecinos, entre otros) sobre la gestión y problemática del río y; por otro, de la suministrada por un experto que les da una charla magistral sobre la historia, gestión y la biodiversidad del río.

Toma de datos: los datos recogidos incluyen los informes escritos de los grupos y las notas de campo sobre el desarrollo de las sesiones de la secuencia por la primera autora. Por un lado, la hoja de inspección proporcionada por el "Proyecto Ríos" cubierta en la salida al río; y por otro, las actividades de la unidad didáctica. También se incluyen las notas de campo pertinentes en el desarrollo de las distintas sesiones. Las respuestas escritas fueron codificadas en distintas categorías. Estas fueron establecidas por las investigadoras en interacción con los datos, es decir, después de la revisión sucesiva de las respuestas escritas del alumnado.

Secuencia de actividades: la secuencia lleva por título "El río Gallo: estudio del ecosistema y análisis de una problemática ambiental", y consta de seis actividades que se relacionan con los contenidos del bloque IV "Las transformaciones en los ecosistemas" del currículo de 4º de ESO de Biología y Geología. La Tabla 1 muestra un resumen de las actividades de la secuencia. Cinco tareas se desarrollan en el aula y una consiste en una salida al río.

La secuencia pretende trabajar las tres dimensiones de educación ambiental "sobre", "en" y "para" el ambiente.

La educación "sobre" el ambiente se trabaja en la salida al río y en el aula. En la salida el alumnado tiene que identificar elementos del ecosistema y analizar parámetros del río y distintas muestras. En el aula, se les pide reconocer los elementos del ecosistema fluvial para elaborar cadenas y redes tróficas y explicar el impacto ambiental de sus variaciones en el ecosistema.

La educación "en" el ambiente se trabaja realizando la salida al río.

La Educación "para" se aborda en la última tarea de la secuencia (ver Anexo 4), que requiere proponer medidas concretas para mejorar el problema de las truchas.

En resumen, se pretende, más allá del tratamiento de nociones de ecología, que el alumnado las aplique a situaciones reales que involucren el análisis crítico de controversias.

Metodología: forma parte de los estudios cualitativos (Dezin y Lincoln, 2000) y, en particular, atiende al análisis del discurso (Gee y Handford, 2012). Para analizar los dos objetivos de investigación fue necesaria la sucesiva revisión de las respuestas escritas por parte de las investigadoras, logrando su agrupamiento o codificación en interacción con los datos.

| Sesión | Título | Descripción de la actividad |
|---------------|---|---|
| 1 | <i>¿Cómo podemos conocer el estado de salud de un río?</i> | Tarea de introducción que incluye un cuestionario de exploración de ideas previas sobre los ecosistemas fluviales. |
| 2 | <i>¿Qué sabes sobre el ecosistema del río Gallo?</i> | Salida de campo al ecosistema del río Gallo con el fin de realizar actividades de inspección para conocer el estado de salud del río y la biodiversidad del mismo. |
| 3 | <i>¿Qué relaciones tróficas existen entre las especies del río Gallo?</i> | Consiste en elaborar una cadena trófica con las especies observadas en la salida al río, indicando, para cada una de ellas, el papel que desempeña en el ecosistema según su alimentación. |
| 4 | <i>¿Qué ocurre con la red trófica?</i> | La tarea presenta una red trófica relacionada con el ecosistema del río Gallo y requiere explicar de manera razonada los efectos de las variaciones de determinadas poblaciones en la totalidad del ecosistema. |
| 5 | <i>Debate con un experto del río Gallo</i> | Consiste en un debate con el experto sobre el río Gallo y sus principales problemas ambientales. |
| 6 | <i>¿A qué se debe la disminución de truchas en el río Gallo?</i> | La tarea presenta una noticia "ficticia" (ver Figura 2, Anexo 4) sobre un problema ambiental local. La tarea demanda que el alumnado se documente sobre el mismo y argumente de manera razonada las posibles causas del mismo. Así mismo, la tarea requiere explicar si el problema ambiental repercute en otras especies del río y demanda proponer soluciones al mismo. |

Tabla 1.- Actividades de la secuencia didáctica.

Resultados

Criterios empleados para valorar el estado de salud de un río

Se discuten los resultados del primer objetivo de investigación: Examinar el uso de criterios para valorar el estado de salud de un río, y comprobar en qué medida varían tras analizar "in situ" ese ecosistema.

Se examinan las respuestas escritas a las actividades 1 (ver Anexo 1) y 2 (ver Anexo 2) de la secuencia (ver Tabla 1), orientadas a identificar los criterios que manejan los estudiantes antes y después de realizar una salida de campo al río Gallo para delimitar su estado de salud.

Criterios previos a la salida al río

Los resultados se resumen en la tabla 2, que muestra tres criterios para considerar el estado de salud de un río, siendo dos los de mayor frecuencia: "pruebas de calidad del agua" y "el tipo de biodiversidad".

| Criterios antes de la salida al río | N=14 |
|--|-------------|
| Pruebas de calidad del agua | 14 |
| Tipo de biodiversidad | 14 |
| Caudal | 3 |

Tabla 2.- Criterios del alumnado antes de la salida al río.

Por "pruebas de calidad del agua", los estudiantes hacen referencia a las pruebas químicas realizadas en el tramo del río a estudiar. Todos los grupos citan este tipo de pruebas como criterio para determinar la salud ambiental del río, pero la mayoría no especifica las pruebas. Sus respuestas son como éstas: "haciendo una prueba de calidad del agua" (grupo D); "pruebas que se realizan en el agua" (grupo B).

Sólo un grupo, el C, menciona una prueba específica, la del pH: "se saca una muestra del agua del río, se le mira el pH y demás cosas" (grupo C).

Todos proponen como criterio "tipo de biodiversidad", aunque se refieren a éste de distinto modo. Un ejemplo:

"Se miran los seres vivos por los que está compuesto y gracias a esto se puede clasificar si el agua está en buen estado o no" (grupo C).

El grupo D incluye sólo a la fauna dentro del criterio de biodiversidad.

Los tres estudiantes del grupo C que usan como criterio de calidad el indicador hidrológico de "caudal", no elaboran una explicación sobre el mismo, se limitan a señalarlo sin más.

Criterios tras realizar la salida al río

Analizamos los criterios que emplean los estudiantes para valorar si el ecosistema se encuentra o no en buen estado tras la salida al río, poniendo atención a si varían o no antes y después de la salida. La tabla 3 resume los resultados.

| Criterios (después de la salida) | N=14 |
|---|-------------|
| Mediciones físico-químicas | 14 |
| Presencia de macroinvertebrados | 14 |
| Bioindicadores | 4 |

Tabla 3. Criterios del alumnado después de la salida al río.

Los estudiantes mencionan tres criterios, de los cuales, como muestra la tabla 3, las "mediciones físico-químicas" y la "presencia de macroinvertebrados" son empleados por todos los grupos. Un ejemplo de un grupo que emplea ambos simultáneamente es:

"Tanto la presencia de diversidad de macroinvertebrados como los resultados de las pruebas de nitratos indican el buen estado del río" (grupo B).

El análisis permite identificar algunas ideas que, a pesar de haber sido trabajadas en la salida, distan de las científicas:

“Los macroinvertebrados confirman el buen estado del río Gallo al extraerlos del agua” (grupo A).

Este grupo identifica la presencia de macroinvertebrados como prueba del buen estado del río, sin contemplar la presencia de determinadas especies de insectos, crustáceos, moluscos o anélidos, que, entre otros parámetros, sí indicarían el grado de limpieza de un río. Algunos estudiantes, sin embargo, usan la información aportada durante la salida, en concreto la que relaciona los macroinvertebrados con distintos estados de salud del río.

El tercer criterio en frecuencia, la “presencia de bioindicadores”, es usado por el grupo D, pero éstos no son capaces de especificar de qué bioindicadores se trata: “tiene gran variedad de bioindicadores” (grupo D).

En resumen, podemos afirmar que los criterios que emplean para valorar el estado de salud del río son poco variados, antes y después de realizar la salida. Los criterios que utilizan después de realizar la salida son más específicos que antes de la salida, por ejemplo pasan de nombrar “pruebas de calidad del agua” a “parámetros físico-químicos” y de “tipo de biodiversidad” a “presencia de macroinvertebrados”. Ningún grupo emplea criterios referidos a impactos observables en el río y sus proximidades, como la presencia de residuos u otras fuentes de contaminación.

Uso de pruebas en la identificación de causas del problema ambiental y explicaciones construidas por el alumnado

Se discuten los resultados del segundo objetivo de investigación: Analizar el uso de pruebas en la identificación de causas de la disminución de las truchas, así como las explicaciones construidas acerca de este problema.

Para abordar este objetivo examinamos los informes escritos de la primera parte de la actividad seis (ver Anexo 4, “Parte 1”). Pretendemos conocer cuáles son las causas que proponen los participantes para explicar la disminución de truchas del río Gallo, y las pruebas que emplean. Así mismo, se pretende comprobar si son capaces de valorar si este problema ambiental produce cambios en otras poblaciones del ecosistema fluvial.

Uso de pruebas en la identificación de causas de la disminución de truchas del río

La Tabla 4 resume los resultados del análisis.

| Pruebas | Frecuencia (N= 14) | Criterios para la elección de pruebas |
|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Contaminación | 14 | Opiniones y datos de vecinos, familia |
| Incumplimiento de la veda | 10 | Información del experto |
| Parámetros físicos del río | 4 | Datos empíricos e información del experto |
| Relaciones tróficas (efecto red) | 3 | Datos empíricos e información del experto |

Tabla 4.- Tipo de pruebas, sus frecuencias y criterios que usan para su elección.

Los estudiantes identifican cuatro posibles pruebas de la disminución de truchas del río. Las más frecuentes son primero, "la contaminación" y luego, el "incumplimiento de la veda". Para su elección emplean como criterios, en el primer caso, "las opiniones de los vecinos, familia y la noticia presentada", y en el segundo caso, "el conocimiento del experto".

Aunque todos identifican como prueba de la disminución de truchas la contaminación del río, existen diferencias en la fuente de contaminación seleccionada. Apuntan a la contaminación por vertidos incontrolados procedentes de sumideros (10), industrias (7) y basura (4). Algunos ejemplos son:

"Contaminación en general: vertidos incontrolados y mal suministro de los sumideros" (grupo A).

"Contaminación del agua: vierten residuos malos al río, fosas sépticas, productos químicos, abono de las fincas al lado del río" (grupo D).

En todos los casos se basan en las opiniones de vecinos, familia, tomando estas informaciones como pruebas de la contaminación.

Otra de las pruebas señaladas, tomadas del conocimiento experto, es el "incumplimiento de la veda". Los estudiantes atribuyen este problema a prácticas como el furtivismo. Un ejemplo es:

"Pescan en épocas, zonas prohibidas y no respetan el tamaño de los peces que no se pueden pescar" (grupo D).

Un grupo basándose en las pruebas recogidas por ellos mismos en el río y en el conocimiento del experto, identifican los parámetros físicos del río como prueba de este problema ambiental.

Finalmente, tres de los 14 estudiantes relacionan este problema ambiental con las variaciones en las relaciones tróficas, apoyándose en los datos recogidos en el río y en los proporcionados por el experto en el debate. El grupo C considera que la disminución de truchas es debida a "un incremento en las poblaciones de depredadores", aunque no especifican de qué especies se trata, y a que "los escalos dejan de ser comida para ellas".

En la siguiente tabla se muestran la frecuencia con la que el alumnado considera los criterios que usa en la elección de pruebas:

| Criterios empleados en la identificación de pruebas | Frecuencias (N=14) |
|--|---------------------------|
| Opiniones de los vecinos, familia | 11 |
| Conocimiento del experto | 7 |
| Aparece en la noticia presentada | 7 |
| Datos recogidos | 3 |

Tabla 5.- Pruebas empleadas en la identificación de causas y su frecuencia.

Las pruebas más empleadas por los participantes son las de "segunda mano", en concreto, opiniones de los vecinos y de la familia; mientras que las menos utilizadas son pruebas de "primera mano", que se corresponden con los datos empíricos recogidos por ellos mismos en el río o en el transcurso de las tareas. Los estudiantes toman como datos fiables o

pruebas informaciones de segunda mano procedentes de la familia o su entorno y del experto, dando menos valor a los datos medidos u observados "in situ" por ellos mismos en la salida al río.

Explicaciones del alumnado sobre la problemática ambiental y sus posibles consecuencias en el ecosistema fluvial

Se analizan los resultados de la segunda parte de la tarea seis (ver Anexo 4, "Parte 2"), que solicita al alumnado justifique sus conclusiones en base a los datos que considere pruebas de la disminución de truchas en el río Gallo (Tablas 6 y 7) e identifique las posibles consecuencias de este problema en el ecosistema fluvial (Tabla 8).

Además de los datos recogidos por el alumnado durante la salida al río, proporcionamos una información que circulaba en los medios (ver Anexo 4, "Dato").

Se analizan las respuestas escritas. Las Tablas 6 y 7 resumen los resultados.

| Datos en los que se basan | Frecuencias (N=14) |
|---|--------------------|
| Datos proporcionados (de segunda mano) | 14 |
| Datos recogidos (de primera mano) | 3 |

Tabla 6.- Tipos de datos y sus frecuencias.

La Tabla 6 muestra que todos los participantes utilizan los datos proporcionados, aunque sólo tres hacen explícita esta distinción:

"Basándose en los datos recogidos entre todos y por la información sobre la presencia de cloruros, sulfuros y espuma que hay en el río, llegamos a la conclusión de que el río está contaminado por vertidos, entre ellos los de la piscina municipal, balneario e industria" (grupo D).

| Causantes de la disminución de truchas | Frecuencias (N=14) |
|--|--------------------|
| Balneario | 14 |
| Piscinas municipales | 10 |
| Casas | 7 |
| Plaguicidas | 3 |
| Industria | 3 |

Tabla 7.- Agentes causantes de la disminución de truchas y sus frecuencias.

Como muestra la Tabla 7, identifican cinco principales responsables de la disminución de truchas en el río, siendo el de mayor frecuencia el "balneario", que todos mencionan.

La mayoría de los participantes tratan de construir una explicación de tipo multi-causal, incluyendo varias causas al problema ambiental del río; mientras que la minoría establecen explicaciones uni-causales, atribuyéndole a una única causa la responsabilidad del problema de la disminución de truchas. Algunos ejemplos:

"Si, porque hay animales que se alimentan de truchas, como los martines pescadores, la garza o el tejón, y la disminución de este

animal va a hacer que disminuyan sus presas. Los martines pescadores podrían escasear, ya que la trucha es su principal alimento. La garza y el tejón disminuirían la riqueza de su dieta" (grupo B).

"Si, ya que como vimos en las redes tróficas, de alterarse el número de individuos de una especie, el resto de especies de ese ecosistema se verán afectadas" (grupo D).

Por el contrario, entre las respuestas de una pequeña proporción de estudiantes (N=3), se deja ver la idea de que la disminución de truchas produce únicamente un "efecto cadena". Tan sólo tienen en cuenta las variaciones en las especies que consumen truchas. Véase en el siguiente ejemplo:

"Si, por las relaciones tróficas, ya que pueden disminuir otros seres vivos que se alimentaban de truchas" (grupo C). Según esta explicación, este grupo no tiene en cuenta las especies que no consumen truchas; es decir, el efecto red producido por la disminución de la población de truchas.

En resumen, el análisis muestra que el alumnado se basa más en datos de segundo mano que en los recogidos por sí mismos para dar explicación al problema ambiental (Tabla 6). Así mismo, puede observarse (Tabla 7) variedad en las causas que éstos consideran como posibles responsables de la disminución de truchas, siendo la mayoría de sus explicaciones multi-causales, lo que suele corresponderse con los problemas ambientales. Por último, cabe destacar que la mayoría del alumnado (N=11) considera que esta problemática ambiental tiene efecto en el resto del ecosistema y no sólo en las poblaciones directamente relacionadas con las truchas.

Conclusiones y discusión

Los resultados permiten obtener una serie de conclusiones relacionadas, por un lado, con el uso de criterios para valorar el estado de salud del río y el uso de pruebas en la identificación de causas de este problema; y por otro lado, con la dimensión que el alumnado le otorga al efecto producido por la disminución de truchas del río Gallo.

Todos los estudiantes asocian la buena salud del río a los resultados favorables en las pruebas de calidad del agua realizadas y a la presencia de biodiversidad. Existen diferencias en el significado que le atribuyen al término "biodiversidad". Algunos relacionan la biodiversidad sólo con la fauna, sin considerar la flora existente, lo que podríamos relacionar con la falta de conocimientos sobre las especies vegetales como indicadoras de calidad. Tras la salida al río, cuatro de los catorce participantes contemplan otros bioindicadores, pero no desarrollan sus respuestas, por lo que no podemos valorar si comprenden de manera adecuada que se entiende por "bioindicador".

Hay que destacar que en ningún caso identifican como pruebas de calidad del río pruebas de tipo observacional, indicadores visuales y sensoriales como malos olores, la presencia de tubos vertiendo directamente al cauce del río, la acumulación de plásticos en distintas zonas, o la existencia de edificaciones próximas, entre otros elementos que producen impactos negativos sobre el río.

Respecto al segundo objetivo, todos los participantes coinciden en señalar la contaminación como prueba de la disminución de truchas del río. En sus respuestas no aluden a focos de contaminación "invisibles" para el ojo humano, sólo hacen referencia a focos visibles como la contaminación por vertidos de los sumideros (10 de los 14 participantes), las industrias (siete de los 14 participantes) y la basura (cuatro de los 14 participantes). Usan como pruebas las opiniones de sus familiares y vecinos.

Otro de los aspectos a destacar es la baja proporción de estudiantes (tres de 14), que atribuyen este problema ambiental a variaciones en las relaciones tróficas. Esto indica que no aplican nociones previamente trabajadas en la secuencia como las relaciones tróficas. Las dificultades del alumnado para aplicar nociones de ecología relacionadas con las redes tróficas marinas y el modelo de flujo de energía han sido señaladas por Bravo Torija y Jiménez Aleixandre (2013). Al igual que en el estudio de las autoras, en este caso, para valorar el problema de la mortalidad de las truchas, el alumnado necesita comprender el funcionamiento de las redes tróficas y situar, en una hipotética red alimentaria fluvial, el papel que juegan las truchas como consumidores, y el de las demás poblaciones que forman parte de este ecosistema.

La mayoría relacionan el problema de las truchas con diversas causas, construyendo una explicación multicausal, considerando que su disminución es debida a focos de contaminación directa como el balneario, las piscinas municipales y las casas. Y no sólo eso, once de los catorce participantes, consideran que la disminución en la población de truchas dará lugar a variaciones en otras poblaciones del ecosistema y no solamente a las que tienen una relación trófica directa con las truchas. Es decir, tienen en cuenta el "efecto red", entendiendo por lo tanto que "las redes tróficas representan transferencia de energía y no sólo ´quién come a quién` (Bravo Torija y Jiménez Aleixandre, 2012, p.2). Además, algunos grupos utilizan información de la red trófica analizada en la actividad 4 (ver figura 1, anexo 3), integrando especies en la explicación que forman parte de la dieta de las truchas y viceversa. Con estos datos, concluimos que el alumnado atribuye la problemática ambiental a varias causas y que además, entiende el ecosistema como un todo dinámico.

Por otro lado, la mayoría de las explicaciones del alumnado se basan en opiniones de familiares o vecinos, lo que muestra que son poco críticos con la información presentada en la tarea. Sólo una pequeña proporción, fundamentan sus explicaciones en datos empíricos recogidos en la salida al río, o en los datos proporcionados en la tarea. Los estudiantes tienen dificultades para considerar como pruebas fiables los datos medidos "in situ" por ellos mismos, atribuyéndole mayor valor a los datos que les son proporcionados por su entorno y por el experto. El problema de la mortandad de las truchas es un problema complejo en el que, como en el caso de otros dilemas socio-científicos, se ponen en juego dimensiones sociales, mas allá de las científicas (Simonneaux, 2001). Esto puede afectar a la naturaleza de los argumentos y a la práctica de argumentación. Enseñar a los estudiantes a evaluar opiniones y a diferenciar éstas de datos o pruebas científicas, es una cuestión central si pretendemos que el alumnado aprenda a argumentar de manera científica en el aula.

Implicaciones educativas

Los resultados obtenidos en este trabajo conducen a una reflexión acerca de la importancia de incorporar un enfoque didáctico que promueva una mayor interacción del alumnado con su entorno próximo, y su participación en debates para analizar dilemas ambientales locales. En línea con Simonneaux (2001), apoyamos los debates sobre CSC como forma de promover la argumentación y destrezas de pensamiento crítico entre el alumnado (Vieira, Tenreiro-Vieira, y Martins, 2010).

Las actividades sobre dilemas socio-científicos posibilitan al alumnado ser crítico con la realidad en la que vive y que no se limite a los discursos dominantes en la sociedad, sino que estudie el tema en su complejidad y que tome decisiones prácticas como señala Solbes (2013a). En el análisis de este problema, el alumnado se mostró poco crítico con el discurso de su contexto próximo (vecinos). Esto pone de relieve la importancia de trabajar el pensamiento crítico en el sentido que lo definen Jiménez Aleixandre y Puig (2012), como una opinión independiente. El alumnado, para poder valorar este problema u otros similares, ha de ser capaz de ir en contra de las ideas dominantes, siempre que éstas no se fundamenten en pruebas.

Sugerimos que en el aprendizaje de ecología se desarrollen salidas de campo al entorno inmediato que permitan un acercamiento del alumnado a los problemas ambientales locales para tomar conciencia sobre éstos y poder analizarlos. Es decir, trabajar las tres dimensiones de la educación ambiental (Lucas, 1992). Es necesario seguir trabajando en el diseño e implementación de tareas que posibiliten la transferencia de ideas clave de ecología en articulación con el desempeño de prácticas científicas como el uso de pruebas.

Agradecimientos

A todos los participantes en el estudio. Este trabajo forma parte del proyecto EDU-2015-6643-C2-2-P, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.

Referencias bibliográficas

Berkowitz, M., y Simmons, P. (2003). Integrating Science Education and Character Education: the role of peer discussion. En D. Zeidler (Org.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 117-138). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bravo Torija, B., y Jiménez Aleixandre, M.P. (2012). Progression in Complexity: Contextualizing Sustainable Marine Resources Management in a 10th Grade Classroom. *Research in Science Education*, 42(1), 5-23.

Bravo Torija, B. y Jiménez Aleixandre, M.P. (2013). ¿Criaríamos leones en granjas? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problema de acuicultura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 10(2), 145-158.

Denzin, N. K., y Lincoln, Y. S. (2000). *Handbook of Qualitative Research*. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Díaz Moreno, N., y Jiménez Liso, R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.

Ennis, R. H. (1985). *A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills*. Educational Leadership.

España, E., y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 345-354.

Evagorou, M., Lymbouridou, C., y Nicolaou, C. (2013). «Using models as evidence to enhance elementary school students' critical thinking and decision making». ESERA Conference, 2-7 de septiembre de 2013, Chipre.

Gee, J. P., Handford, M. (Eds.) (2012): *The Routledge handbook of discourse analysis*. London/New York, Routledge.

Jiménez Aleixandre, M. P., y Puig, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International handbook for Science Education*. Dordrecht: Springer.

Jiménez Aleixandre, M. P. (1994). ¿Quen matou os peixes de Xestosa? Resolución de problemas en xeoloxía e educación ambiental. *Boletín das Ciencias*, 20.

Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graò.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Legardez, A., y Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner des questions vives*. Paris: ESF.

Lucas, A. M. (1992), Educación Ambiental para unha era nuclear. *Adaxe*, 8, 123-136.

Marbá, A. (2010). *Aprender ciencias leyendo noticias: un reto para la escuela del siglo XXI*. XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Baeza (Jaén).

Martins, I. (2013). *La vinculación entre educación científica y sociedad: Las cuestiones socialmente vivas*. Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona.

Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). (2007). Real Decreto 1631/2006 Enseñanzas Mínimas Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 5-1, 677-773.

Moore, T. S., Lapan, S. D., y Quartaroli, M. T. (2012). Case study research. En S. D. Lapan, M. T. Quartaroli y F. J. Riemer (Eds.), *Qualitative Research: An introduction to methods and Designs* (pp. 243-270). San Francisco, C. A.: Jossey-Bass.

Morin, O., Simmoneaux, L., Simmoneaux, J., Tytler, R., y Barraza, L. (2014). Developing and Using an S3R Model to Analyze Reasoning in Web-Based Cross-National Exchanges on Sustainability. *Science Education*. 98(3), 517-542.

Puig, B. (2015). ¿Sería posible un mundo sin abejas? *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 82, 75-76.

Puig, B., Pérez Maceira, J. J. y Montero Vilar, S. (2015). La sucesión de terremotos del Delta del Ebro. Una secuencia para investigar ideas del alumnado y la práctica del uso de pruebas. *Praxis & Saber*, 16(11), 43-45.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. En S.K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Sadler, T.D. (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. En T.D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning, and research* (pp.1-10). The Netherlands: Springer Press.

Sánchez Sánchez-Cañete, F.J. y Pontes Pedrajas, A. (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 7 (extra), 271-285.

Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (2002). ¿Qué comporta "capacitar para la acción" en el marco de la escuela? *Investigación en la escuela*, 46, 49-53.

Simonneaux, L. (2001). 'Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis', *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927.

Solbes, J. (2013a). Contribución de las cuestiones sócio-científicas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10.

Solbes, J. (2013b). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 171-181.

Vieira, M. R., Tenreiro-Vieira, C., y Martins, E. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Alambique*, 65, 96-104.

Anexo 1.- Actividad 1. Ideas previas de ecología.

1. ¿Qué beneficios nos aportan nuestros ríos? Escribid al menos tres ejemplos.
2. ¿Cómo podemos saber si nuestro río se encuentra en buen estado?
3. ¿Cuáles creéis que son los principales contaminantes del río Gallo?
4. ¿Qué especies creéis que podéis encontrar en el río Gallo? ¿Hay alguna especialmente importante? ¿Por qué?

Anexo 2.- Actividad 2. ¿Qué sabes sobre el ecosistema del río Gallo?

1. ¿Cómo describiríais el ecosistema en el que os encontráis? Tratad de describirlo con vuestras palabras.
2. ¿Creéis que el río goza de buena salud? ¿Por qué? Razonad vuestras respuestas.

Anexo 3.- Actividad 4. ¿Qué ocurre con la red trófica?. Observad con atención la siguiente red trófica y tratad de responder a las cuestiones que se presentan a continuación.

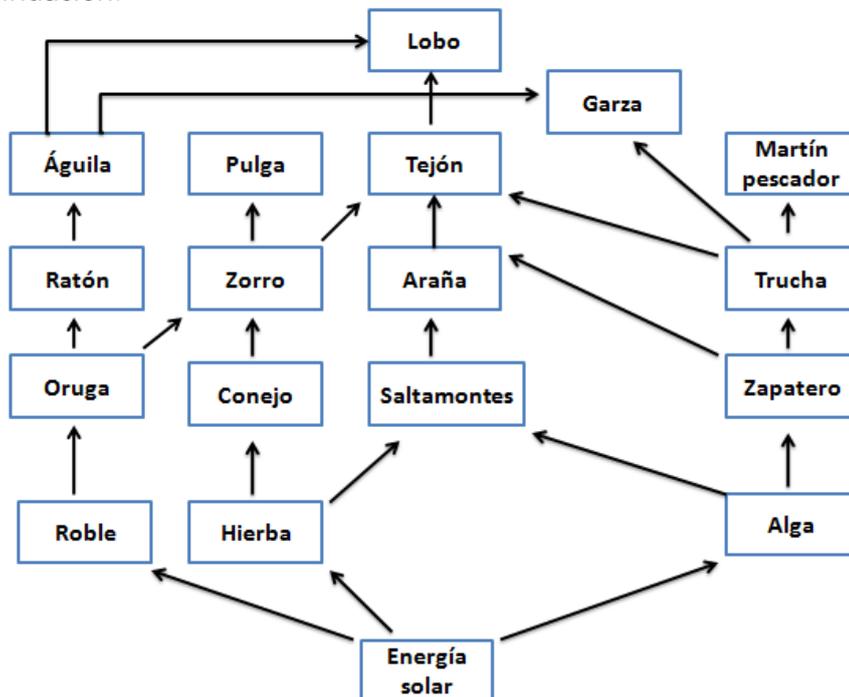


Figura 1.- Posible red trófica de un ecosistema fluvial.

1. ¿Qué creéis que pasaría si desapareciesen las truchas? Discutidlo y explicadlo.
2. ¿Y si desapareciese la población de conejos? Discutidlo y explicadlo.
3. ¿Se observarían cambios en la red trófica si aumentase la población de martines pescadores? Discutidlo y explicadlo.

Anexo 4.- Actividad 6. ¿A qué se debe la disminución de truchas en el río Gallo?. Parte 1. En grupos, intentad encontrarle solución al problema al que se están enfrentando los pescadores del río Gallo y discutid y razonad las cuestiones que se plantean bajo la noticia.

“La Asociación de Pescadores del río Gallo denuncia un descenso en la población de truchas (*Salmo trutta*) del río Gallo”. (*La Voz de Galicia*, 21/09/2015).

“Llevamos pescando en este río va a hacer ya cincuenta años y nunca, incluso en la época de crecidas, hubiera tan poca cantidad de truchas, ¡no hay más que escalos! ¡Esto es una desgracia! Incluso encontramos algunos de los peces que quedan medio atontados en las laderas del río. Desde esta asociación, le pedimos respuesta al ayuntamiento, quien no le dio mayor importancia a este tema en el último pleno. El río es nuestra mayor afición, nuestro modo de vida y ¡queremos una explicación ya!”.

Fdo.: Anselmo Fuentes (Presidente de la Asociación de pescadores del río Gallo).

Figura 2.- Noticia de prensa ficticia presentada.

1. ¿A qué puede deberse esa disminución de truchas (*Salmo trutta*) en el río Gallo? ¿Cuál o cuáles pensáis que son las causas de esta disminución?
2. ¿De qué datos disponéis para considerar como pruebas las causas que habéis propuesto?
3. ¿Qué otros datos necesitaríais buscar para responder a esta cuestión?

Parte 2. Con las informaciones y datos que habéis encontrado sobre el problema ambiental que aquí se presenta y teniendo en cuenta el dato que se os proporciona más abajo y lo estudiado a lo largo de estas sesiones, tratad de responder razonadamente a las siguientes cuestiones.

4. ¿A qué conclusión llegáis? Con los datos ya analizados, tratad de emitir vuestra conclusión integrando aquellos datos que consideréis pruebas.
5. ¿Pensáis que la disminución de truchas podría afectar también a otras especies? ¿Por qué?

Dato: En el río Gallo había espuma y altas concentraciones de sulfuros y cloruros cuando se denunció la disminución de truchas por la Asociación de Pescadores.