

El uso de pruebas en la resolución de problemas reales en 4º de ESO: ¿debemos dragar el río Ebro?

Miriam Aguerri ^{1a}, Beatriz Bravo-Torija ^{2b}

¹Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales, Universidad de Zaragoza. Zaragoza. España.

²Departamento de Didácticas Específicas, Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. España.

^amiriamaguerri@gmail.com, ^bbeatriz.bravo@uam.es

[Recibido en abril de 2016, aceptado en diciembre de 2016]

En la actualidad, el alumnado no solo ha de conocer las principales ideas de la ciencia, sino también ha de saber aplicarlas en la resolución de problemas relacionados con el mundo natural, y poder tomar decisiones fundamentadas sobre las consecuencias de las actuaciones del ser humano en él. Partiendo de esta idea, en este trabajo se plantea a 63 alumnos de 4º de la ESO la resolución de un problema en torno a la posibilidad de dragar el río Ebro. Trabajando en pequeños grupos deben de: 1) identificar y seleccionar los pruebas relevantes entre la información facilitada; 2) relacionar los distintos tipos de pruebas e integrarlas en sus justificaciones; y 3) elaborar un informe final en el que expongan sus argumentos para respaldar la opción escogida, realizar o no el dragado del río. Los resultados muestran que los estudiantes son capaces de utilizar distintos tipos de pruebas para apoyar sus argumentos, entre ellas destacan las relacionadas con los factores bióticos y con el impacto del dragado para el uso del río por el ser humano. Las pruebas de tipo físico-químico como datos de pH o temperatura apenas aparecen, a pesar de su importancia para evaluar las consecuencias del dragado en el ecosistema fluvial. En cuanto al tipo de relaciones que establecen entre las pruebas en sus justificaciones, destacan las que combinan al menos dos tipos, utilizadas por todos los grupos, frente a las que combinan tres y cuatro tipos. Estas últimas solo aparecen en el informe final de uno de los grupos.

Palabras clave: Uso de pruebas; Aprendizaje de Ecología; Competencia científica; Educación Secundaria.

The use of evidence in solving real problems in Secondary: Should we dredge The Ebro River?

Nowadays, students not only need to know the main ideas of science, but also they need to be able to apply them in solving problems related to the natural world, and to make informed decisions about the consequences of the human actions in it. Based on this idea, in this paper we ask 63 10th grade students to solve a problem regarding the feasibility of dredging the Ebro River. Working in small groups students are required to: 1) identify and select relevant evidence between the information provided; 2) relate different types of evidence and integrate them into their justifications; and 3) to elaborate a final report setting out its arguments in support of performing or not the dredging of the river. The results show that students are able to use different types of evidence to support their arguments; among them, they highlight those related with the biotic factors and the impact of the dredging on the human use of the river. The physico-chemical evidence, such as pH or temperature data, are barely used by the students, in spite of their importance to assess the impact of the dredging in the ecosystem. Regarding the type of relationships established in their justifications, most of the students are able to combine at least two types of evidence, against which combine three and four types. The combination of four types of evidence only appears in the final report of one group.

Keywords: Use of evidence; Ecology learning; Scientific competence; Secondary Education.

Para citar este artículo: Aguerri, M., Bravo-Torija, B. (20XX) El uso de pruebas en la resolución de problemas reales en 4º de ESO: ¿debemos dragar el río Ebro? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 302-316. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19219>

Introducción

En la actualidad al finalizar la Educación Secundaria el alumnado no solo ha de conocer las principales ideas de la ciencia, sino que ha de aplicarlas a problemas concretos relacionados con el mundo natural y tomar decisiones fundamentadas sobre el papel del ser humano en él. Para conseguirlo, se hace necesario enfrentar a los estudiantes con problemas contextualizados

en la vida real, como la sobreexplotación de recursos, el uso actual de las energías o la destrucción de hábitats; favoreciendo la elaboración de argumentos sobre cuestiones como ¿Qué consecuencias ha tenido la introducción de una especie alóctona como el mejillón cebra en un ecosistema como el río Ebro? ¿Qué actuaciones podrían llevarse a cabo para disminuir su número? o ¿En qué condiciones podría considerarse la acuicultura una alternativa para la sobreexplotación de los mares?

Dado que queremos que los estudiantes consideren el papel de la ciencia en la sociedad, debemos promover ambientes de aprendizaje donde puedan poner en práctica destrezas propias de esta disciplina como la capacidad de análisis, la interpretación de datos o la obtención de conclusiones basadas en pruebas, para resolver problemas similares a los que se enfrenta la humanidad. Este tipo de problemas son los denominados por Duschl (1995) como problemas “auténticos”, y se caracterizan por: 1) estar situados en un contexto próximo al alumnado, de tal forma que pueda sentirse identificado con ellos; 2) no tener una solución obvia, lo que facilita que evalúe las posibles alternativas que se presentan en función de las pruebas proporcionadas; y 3) favorecer el diálogo y la interacción entre los estudiantes, cobrando más relevancia el proceso de resolución que el resultado final (Osborne, Erduran y Simon 2004). Un ejemplo de este tipo de problemas son las cuestiones controvertidas, consideradas como un asunto de opinión científico/tecnológica en el que existe una discrepancia entre los diversos actores que participan en el proceso (científicos, administración, empresas privadas, opinión pública) (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso 2014). Este tipo de problemas no suele presentar una única respuesta válida, esto hace que, para proponer soluciones los alumnos tengan que: analizar las distintas opciones que se presentan. Lo que requiere prestar atención a las pruebas facilitadas, identificar cuáles son las relevantes para el problema y obtener conclusiones fundamentadas en ellas.

Implicar a los alumnos en este tipo de problemas mejora su capacidad argumentativa, es decir su capacidad de justificar a la luz de las pruebas (Jiménez-Aleixandre 2010), y promueve la adquisición de conocimiento científico (Bravo-Torija y Jiménez-Aleixandre 2013; Zohar y Nemet 2002). Sin embargo, ser capaz de argumentar no está exento de dificultades para los estudiantes, por ejemplo encuentran limitaciones para: a) interpretar los datos, identificando cuáles son los relevantes y reconociendo pautas en ellos, en especial en aquellos casos en que no encuentran una tendencia observable (Kanari y Millar 2004; McNeill y Krajick 2007); b) distinguir entre qué es o qué no es una prueba, considerando como pruebas únicamente los datos coherentes con sus ideas (Hogan y Maglienti 2001); c) respaldar sus conclusiones con el número adecuado de pruebas e integrarlas en sus justificaciones (Sandoval y Millwood 2005); y d) evaluar las distintas alternativas según las pruebas aportadas, en lugar de utilizar solo las que apoyan su opción (Evagorou *et al.* 2012).

En este estudio se presenta una actividad destinada a 4º de ESO donde se plantea la siguiente cuestión: ¿Debemos dragar el río Ebro? Se escoge este problema debido a: 1) que los ríos son sistemas naturales complejos cuya gestión es causa de polémicas entre regiones y países. Lo que hace que aparezcan, de forma recurrente en los medios de comunicación, problemas relacionados con los usos que se realiza del agua en las diferentes comunidades autónomas, la realización de transvases entre distintas regiones, o las consecuencias de una riada para sectores como la agricultura o la ganadería de una zona concreta (Díaz Moreno 2014; Martínez-Peña y Gil-Quílez 2014a); y 2) que para contestar a cuestiones, como la que se propone en este trabajo, los alumnos deben conocer y conectar su conocimiento acerca de qué es un ecosistema fluvial con qué componentes tiene, y cómo se comportan, para así construir un modelo de río que les permita responder a la cuestión planteada (Martínez-Peña y Gil-Quílez 2014b).

No hay demasiados estudios que hayan explorado el conocimiento de los estudiantes sobre qué es un río y su funcionamiento. De los que hemos encontrado, algunos de ellos se centran en el estudio de las concepciones de los estudiantes sobre cómo se forman los cañones en el transcurso de un río (Sexton 2012) o en proponer actividades para trabajar la dinámica fluvial (Bach 2008). Otros como Martínez-Peña y Gil-Quílez (2014a) analizan cómo los maestros en formación construyen el modelo de río, y si ese modelo les permite responder preguntas sobre su dinámica y las repercusiones de las acciones humanas sobre ella. Los resultados muestran que, aunque construyen un modelo de río más elaborado que el inicial, siguen sin reconocer el papel de las aguas subterráneas en la dinámica fluvial o la relación entre los procesos de erosión, transporte y sedimentación, y la pendiente de ribera.

Para promover que los estudiantes identifiquen que en sistemas complejos como los ríos interactúan multitud de factores, no solo los relacionados con el tipo de fauna y flora sino también con las características físico-químicas que presentan, un punto de partida es la realización de actividades que les ayuden a construir justificaciones en torno a un suceso concreto (Martínez-peña y Gil-Quílez 2014 b), en este caso la posibilidad de dragar el río Ebro. Para resolverlo, los alumnos han de aplicar su conocimiento de ecología en la toma de decisiones sobre la realización, o no, del dragado, evaluando sus consecuencias para el ecosistema fluvial y su dinámica. Dado que reconocer que los ecosistemas son algo más que los lugares que habitan los seres vivos supone dificultades para los estudiantes (Jordan *et al.* 2009; Rojero 1999), en este trabajo se les proporcionan datos sobre los distintos factores que interactúan en un río y se les solicita que los relacionen para resolver el problema. Por ello, para dar una respuesta adecuada, los estudiantes han de capaces de: a) identificar el tipo de pruebas relevantes de entre la información facilitada, considerando las relacionadas con los cambios en la flora y la fauna, las condiciones físico-químicas y la dinámica del río; b) construir justificaciones, estableciendo relaciones entre las pruebas facilitadas y el conocimiento de ecología; y c) tomar una decisión considerando las justificaciones proporcionadas. Las preguntas de investigación son:

¿Qué tipo de pruebas son utilizadas por los estudiantes al tomar decisiones sobre la posibilidad de realizar un dragado en el río Ebro?

¿Qué relaciones establecen entre los distintos tipos de pruebas en sus justificaciones?

Metodología

Este apartado se divide en tres secciones; el contexto en el que se realiza la actividad, el diseño y desarrollo de la actividad, y el análisis realizado.

Contexto y participantes

El trabajo se llevo a cabo con dos clases de 4º de ESO (63 alumnos) de un Insituto de Zaragoza, durante el curso académico 2014-2015. Los estudiantes trabajaron en pequeños grupos de 4 o 5 miembros cada uno. Era la primera vez que realizaban una actividad de este tipo, por lo que carecían de experiencia para abordar problemas que no tenían una respuesta única y obvia, y en los que debían justificar sus conclusiones.

La profesora del aula (y primera autora) era alumna del máster de formación de profesorado de secundaria y se encontraba realizando sus prácticas. El profesor tutor estuvo con ella durante el desarrollo de la actividad y colaboró en la formación de los grupos de trabajo.

Diseño y desarrollo de la propuesta

El problema escogido gira en torno al dragado del río Ebro. Coincidiendo con la etapa del Practicum, se produjo una inundación muy importante en varios pueblos y ciudades cercanas al río. Inmediatamente, los medios de comunicación se hicieron eco de la noticia, y comenzaron a cuestionar un posible dragado del río. Problemática especialmente controvertida por las implicaciones económicas y sociales que presenta, y por su complejidad en la variedad de datos que se han de manejar (hidrogeológicos, biológicos, económicos o políticos). Por ello, y coincidiendo con que los estudiantes estaban tratando el tema de ecología, se consideró de interés plantearles una actividad que les permitiera aplicar sus conocimientos sobre los ecosistemas a la resolución de un problema concreto: *¿Debemos dragar el río Ebro?*

Los alumnos ya estaban familiarizados con conceptos de ecología como ecosistema, biotopo o pendiente de ribera, ya que se habían abordado en cursos anteriores. En concreto, el tema de ecosistemas se había tratado en 1º de ESO, y el de evolución del relieve por el agua en 3º. Para identificar qué conocimiento poseía el alumnado, también se realizó un pequeño cuestionario de ideas previas. Las respuestas dadas propocionaron información de utilidad para el diseño de la propuesta que se presenta a continuación, y que se implementó unos días después de la aplicación de este cuestionario. Se encontró que los alumnos tenían dificultades para reconocer: 1) las relaciones existentes entre biotopo y biocenosis en un ecosistema; el papel de los desecomponedores en el funcionamiento de los ecosistemas; 3) la existencia de ecosistemas pequeños y cercanos a ellos, como podría ser una manzana en descomposición; y 4) que las alteraciones en el ecosistema a nivel de productores son igual de peligrosas que las alteraciones en otros niveles, considerando que en este eran más problemáticos que en el resto.

¿Debemos dragar el río Ebro? Busquemos información, pensemos y razonemos

El Ebro es un río mediterráneo y es el más regular gracias a que “bebe” de los Pirineos, sus afluentes pirenaicos lo surten de agua procedente de la lluvia o el deshielo (hasta en un 40%). Como todos los ríos mediterráneos, tiene una época seca (estiaje) con otra de grandes avenidas. Por ejemplo, en el Ebro, las crecidas suelen darse en los meses de enero, febrero o diciembre. Algunos años hay crecidas irregulares y extraordinarias debidas a diversas causas. Precisamente por estas grandes crecidas, el río Ebro es uno de los ríos españoles más temidos. (...) Usaremos como hilo conductor la crecida que ha ocurrido este año, para intentar pensar si debería evitarse otra mediante alguna acción humana, como el dragado (...)

El trabajo pretende que practiquéis vuestras habilidades de comunicación (tanto a la hora de exponer datos como dialogando entre los distintos miembros de los equipos), y las habilidades de argumentación para responder si se debería o no dragar el río Ebro.

Dado que se les requería analizar los datos, elaborar sus propios argumentos, y defenderlos ante sus compañeros, se decidió utilizar la técnica de trabajo cooperativo conocida como rompecabezas (Pujolás 2003) para ayudarles en la tarea. En esta técnica, se distinguen dos tipos de grupos de trabajo, el grupo base y el de expertos:

El grupo base, formado por cuatro alumnos, donde se toman las decisiones sobre dragar o no el río Ebro y se elabora el informe justificando la opción escogida en base a las pruebas proporcionadas. Dado que para tomar una decisión adecuada los alumnos necesitan recoger información de distinto tipo sobre el río, a cada miembro del grupo base se le asigna un tema concreto sobre el que trabajar, distinguiendo entre flora, fauna, biotopo y humano. A partir de ese momento, en cada grupo base tendremos un experto en cada tema.

El experto de cada grupo base se reunirá con los mismos expertos del resto de grupos bases, con objeto de identificar qué pruebas sobre su tema son relevantes para resolver el problema, y posteriormente compartirlas con sus compañeros del grupos base. Es imprescindible que todos ellos trabajen, ya que la información recogida en los grupos de expertos es imprescindible para responder a la pregunta planteada al inicio.

En la tabla 1, se presenta, de forma resumida, la información proporcionada a cada grupo de expertos. Además, se les dio oportunidad de buscar más si lo consideraban necesario.

Tabla 1. Información proporcionada a los grupos

Experto	Información especializada	Información común en todos los grupos
Fauna	El Ebro y sus riberas (ayuntamiento de Zaragoza): páginas 18-19, 31-32, 33-41. Página de educación ambiental de la Confederación hidrográfica del Ebro: Especies invasoras, generalidades, guías de campo de seres vivos	Foro Joven: Crecidas e inundaciones en la cuenca del Ebro: información general sobre las crecidas. Blog “¡Dejadme vivir! Del Dr. Gil Bazán, Doctor en Geología: criterios ecológicos y contrastación de ideas. Opiniones en diversos medios de comunicación: El Heraldo de Aragón, La Vanguardia, etc. Expansión Blog de opinión: A vista de pájaro
Flora	El Ebro y sus riberas (ayuntamiento de Zaragoza): páginas 18-19, 31-32, 33-41. Página de educación ambiental de la Confederación hidrográfica del Ebro: generalidades	
Biotopo	El Ebro y sus riberas (ayuntamiento de Zaragoza): páginas 15-18, 19, 22-23, 29-31. Página de educación ambiental de la Confederación hidrográfica del Ebro: el medio hídrico. Web del Colegio de Geógrafos de Aragón: opinión a raíz de la crecida del río Ebro. Web del Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Aragón: artículo de Carlos Chica.	
Humano	El Ebro y sus riberas (ayuntamiento de Zaragoza): páginas 31-32, 57-62, 63-73. Página de educación ambiental de la Confederación hidrográfica del Ebro: gestión hidráulica y Directiva Marco	

La propuesta se distribuyó en cinco sesiones de 50 minutos cada una (ver Tabla 2).

Tabla 2. Secuenciación de la propuesta

Secuenciación		Sesiones	Papel del profesor
Presentación del problema y asignación de los grupos	Explicación del trabajo grupal, objetivos, organización, bibliografía recomendada, formación de grupos base, y asignación del grupo de expertos	1	Preparación de la actividad, elaboración del material y bibliografía Organización grupal Explicación de la actividad
Reunión grupos de expertos	Reunión grupos de expertos y consulta de información en la sala de ordenadores	2	Observación de la actividad Suministro/corrección de información cuando los estudiantes lo requieran Promover que los alumnos justifiquen sus conclusiones con los datos proporcionados
Reunión grupos base	Reunión grupos base, intercambio y contraste de la información. Toma de decisiones en función de las pruebas recogidas por cada grupo de expertos	1	Observación de la actividad Suministro/corrección de información cuando los estudiantes lo requieran Promover que los alumnos justifiquen sus conclusiones con los datos proporcionados
Elaboración de propuestas	Elaboración de propuestas y presentación a los compañeros	1	Ayuda en la discusión de la presentación final Evaluación del informe final, considerando tipo de pruebas utilizadas y justificaciones proporcionadas 1

Registro y análisis de datos

Se recogieron los informes escritos elaborados por cada grupo base y de ellos se extrajeron los datos analizados en este trabajo. El análisis del tipo de prueba utilizado y la combinación que hacen en sus justificaciones, se realizó a través del análisis de contenido (Bardin 1996), utilizando herramientas construidas en interacción con los datos. La unidad de análisis fue el argumento, compuesto por datos, justificación, respaldo teórico y conclusión (Toulmin 1958).

La información contenida en cada informe se dividió en función del número de argumentos presentados. Para identificar y separar cada argumento se tuvieron en cuenta: signos de puntuación, conectores como *porque*, u obtención de distintas conclusiones. Cada argumento se separó señalándolo con //, y cada justificación se indicó entre paréntesis (), identificando la procedencia de las pruebas proporcionadas:

“Consideramos que el dragado del río, supondría en algunos aspectos, ciertas ventajas (argumento 1) como son, por ejemplo, la limpieza de sedimentos, la aceleración del cauce del río y el impedimento de inundaciones (justificación 1) //Por otra parte, desde el punto de vista ecológico (argumento 2, refutación al argumento 1), se darían lugar a ciertas consecuencias que afectarían principalmente a la fauna y a la flora, pues todos los seres vivos existentes morirían o sufrirían importantes cambios en su vida (justificación 1). Tendrían que adaptarse a un medio completamente diferente (...) (respaldo). // Para los seres humanos les supone ciertas ventajas tales como la prevención de inundaciones (repite justificación 1, argumento 1), aunque también supone un coste económico elevado, ya que habría que mantenerlo anualmente (argumento 2, justificación 2, refutación al argumento 1)(...) Asi pues, creemos que, a pesar de que el ser humano podría salir beneficiado, nuestro grupo considera que no tiene suficiente peso como para llevar a cabo el dragado (Conclusión final)”

En este informe, el grupo justificó su elección evaluando distintas alternativas. En primer lugar consideraron las ventajas de realizar el dragado, respaldando su justificación con tres tipos de pruebas, limpieza de sedimentos, aceleración del cauce del río (pruebas relacionadas con la dinámica del río), y evitar inundaciones (prueba relacionada con las consecuencias del dragado para el ser humano). En segundo, consideraron la desventajas, aportando dos argumentos, uno de ellos relacionado con las consecuencias que tendría el dragado para la flora y la fauna del ecosistema, señalando que los cambios llevarían a problemas de adaptación al medio, y el otro conectado con el coste económico que supondría el dragado en contraposición a su utilidad. En función de estos dos argumentos, uno a favor y otro en contra, deciden que la mejor opción es no dragar el río. Por lo que los estudiantes que conforman este grupo base son capaces de evaluar distintas alternativas, justificándolas con pruebas de distinta procedencia, y conviniéndolas entre ellas, como en el segundo argumento.

Una vez identificados los argumentos de cada informe, se identificaron las justificaciones dadas por los estudiantes, el tipo de pruebas que los respaldaban y las relaciones que establecían entre ellas:

Para responder al tipo de pruebas, estas se clasificaron según la fuente de procedencia. Se distinguieron las siguientes categorías: cambios en la biocenosis, cambios físico-químicos, cambios en la dinámica fluvial, coste económico, disminución de la contaminación y humano (tabla 3). En este punto, es importante destacar que solo se consideraban pruebas aquellos datos que se integran en una justificación, no los que son copias de la información proporcionada (Kosloswki *et al.* 2008).

Para examinar las relaciones que se establecen entre los tipos de pruebas, se distinguen tres categorías de análisis: la primera en que los alumnos solo eran capaces de combinar pruebas de dos grupos de expertos, la segunda en que combinaban pruebas de tres grupos y la tercera en que combinaban pruebas de todos ellos. Dentro de cada categoría se distinguen subcategorías en función de los grupos de expertos de los que procedía cada prueba (tabla 4). Se muestra a continuación un ejemplo del análisis realizado:

“Si se realizan dragados implica serios daños medioambientales para el ecosistema (Conclusión). Los dragados causan efectos muy negativos en los ríos: modifican el lecho fluvial (justificación 1, prueba de cambio en la dinámica fluvial), perjudican a la flora y fauna modificando sus habitats (justificación 2, prueba de cambios en la biocenosis), evitan la circulación de los sedimentos y alteran el proceso natural de erosión y sedimentación (justificación 3, prueba del cambio en la dinámica fluvial)”

En este argumento, el grupo concluye que el dragado causaría daños ambientales en el ecosistema, y lo respalda con tres justificaciones: una relacionada con las consecuencias para la flora y la fauna presentes en el río; y las otras dos con las consecuencias para la dinámica fluvial. En concreto, el grupo reconoce la influencia del dragado en el cambio del lecho fluvial y en los procesos de erosión y sedimentación.

Resultados

¿Qué tipo de pruebas son utilizadas por el alumnado?

En esta sección se analiza el tipo de pruebas que aportan los 12 grupos base en sus informes finales, se describen las categorías de análisis y se presentan ejemplos para cada una de ellas.

Cambios en la biocenosis: incluye pruebas que hacen referencia a los factores bióticos del ecosistema fluvial como la alteración de las redes tróficas por muerte de seres vivos, destrucción de hábitats o aumento de especies invasoras oportunistas. Un ejemplo sería

(grupo 4): “llevar a cabo el dragado supondría la extinción de numerosas especies vegetales que son necesarias para el resto de animales”.

Cambios físico-químicos: incluye pruebas relacionadas con los factores abióticos como el pH, turbidez, cantidad de nutrientes o demanda de oxígeno del agua del río. Un ejemplo lo encontramos en el informe del grupo 8: “al introducir las herramientas para dragar, removeríamos la arena del lecho y enturbiaríamos y ensuciaríamos el agua”

Cambios en la dinámica fluvial: incluye pruebas que hacen referencia a las alteraciones en los acuíferos, la modificación del cauce, la velocidad del agua o los cambios en los procesos de sedimentación y erosión, por ejemplo en el informe del grupo 5 encontramos la siguiente prueba en contra del dragado “si se llevase a cabo modificaría la pendiente del río ya que esta aumentaría y la erosión sería más notable”.

Coste económico: incluye pruebas relacionadas con el coste del dragado, con su mantenimiento o con las indemnizaciones para los afectados por las inundaciones, un ejemplo es: “[dragar el río] es un gasto muy elevado de dinero público e innecesario que conllevaría un gran mantenimiento e infraestructuras” (informe grupo 4).

Disminución de la contaminación: incluye las pruebas que hacen referencia a la eliminación de contaminantes o de restos orgánicos que pueden ocasionar problemas para el bienestar humano y/o para el ecosistema. Un ejemplo lo encontramos en el informe del grupo 9: “al dragar el río Ebro eliminaríamos y extraeríamos todos los sedimentos, residuos y desechos contenidos en el fondo (...) la contaminación disminuiría por lo que el agua sería más servible y fácil de utilizar...”.

Ser humano: incluye pruebas relacionadas con la utilización del río por parte del ser humano y las consecuencias del dragado para ello. En concreto se encuentran pruebas que hacen referencia al uso recreativo del río, como la navegación o la pesca recreativa, al uso agrícola, tanto problemas por las inundaciones como beneficios por el enriquecimiento con nutrientes por parte del río, y a los efectos de la riadas en infraestructuras como puentes o carreteras. Un ejemplo es: “el dragado tendría consecuencias sobre las poblaciones a orillas del río (...) descalzamiento de puentes, los campos no recibirían los tan beneficiosos nutrientes” (informe grupo 11).

En la tabla 3 se resumen los resultados obtenidos:

Tabla 3. Resultados de pruebas utilizadas por los grupos base

Categoría	Grupos												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cambios en la biocenosis	5	6	9	1	7	5	8	5	3	4	7	6	66
Cambios físico-químicos	1	-	-	2	1	3	-	2	2	5	2	1	19
Cambios dinámica del río	5	2	4	6	6	3	4	4	3	9	5	3	55
Coste económico	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	19
Disminución de contaminación	1	1	2	-	-	1	-	1	1	2	-	-	9
Ser humano	5	1	5	3	6	6	4	1	3	7	2	5	48
Total	18	12	22	14	22	20	17	15	13	28	18	17	216

Como muestra la tabla 3 los tipos de pruebas más utilizados son los cambios en la biocenosis (66), los cambios en la dinámica del río (55) y los factores humanos (48). El uso de los cambios en la biocenosis como prueba era esperable, tanto por el contexto donde se desarrolla el estudio, la clase de biología, como por la facilidad de relacionar el dragado con el impacto en el hábitat de los seres vivos. Todos los grupos utilizan al menos una prueba de este tipo en sus informes. Por ejemplo el grupo 7, en uno de sus argumentos en contra de dragar el río Ebro, justifica su decisión de la siguiente forma: “la mayoría de animales acuáticos encuentran en su fondo alimento y hábitat, y el dragado acabaría con su fuente de alimentación, sus hogares e incluso ellos mismos”.

En cuanto al factor humano, la elevada presencia de pruebas de este tipo se podría relacionar con la visión antropocéntrica que tienen los alumnos de los ecosistemas, o en palabras de Ibarra-Murillo y Gil-Quílez (2009) de “cómo deben ser los ecosistemas para el uso humano”. Un ejemplo lo encontramos en el informe del grupo 12: “[realizar el dragado] favorecería un canal de navegación donde poder hacer deportes acuáticos como el piragüismo o crear una ruta por el río en la que se pueda enseñar la ciudad a los turistas”.

Las pruebas relacionadas con la dinámica fluvial aparecen en 55 ocasiones. Un ejemplo es la aportada por el grupo 5: “si se llevase a cabo esta limpieza, modificaría la pendiente del río ya que ésta aumentaría y la erosión sería más notable”. Consideramos que la presencia de este tipo de pruebas se debe a la gran cantidad de datos relacionados con este factor. Esto contrasta con la utilización de las pruebas referentes a las condiciones físico-químicas, que aparecen solo en 19 ocasiones, y no en todos los grupos. Mientras que el grupo 10 utiliza estas pruebas en al menos cinco ocasiones, los grupos 2, 3 y 7 no hacen ninguna referencia a ellas.

El tipo de prueba relacionada con la disminución de la contaminación, es el que menos aparece, encontrando solo nueve referencias. En concreto, es utilizado por los alumnos para señalar su conformidad con la realización del dragado, aportando que esta operación elimina tanto la vegetación y las gravas de fondo que podría taponar puentes e infraestructuras, como las especies invasoras (como el mejillón cebra). Sin embargo, aunque los alumnos señalan este tipo de pruebas en su informe final, no las consideran suficientes para tomar una decisión favorable respecto al dragado.

En cuanto al desempeño de cada grupo, destacamos el de dos de ellos, el grupo 3 y el grupo 10, con 22 y 28 pruebas respectivamente. Mientras el grupo 3 se centra en los cambios en la biocenosis y los factores humanos, el grupo 10 utiliza una mayor diversidad de pruebas. Entre ellas encontramos las que hacen referencia a: cambios en la dinámica del río (9), factores humanos (7), cambios físico-químicos (5) y cambios en la biocenosis (4). Es decir, que las contribuciones de cada experto aportan bastante información al grupo base. En concreto el experto en fauna presenta algunas justificaciones que relacionan aspectos de biotopo, fauna y factores humanos, reconociendo el papel de las bacterias en el comportamiento del río, hecho que apenas suele ser considerado por los alumnos cuando tratan los ecosistemas (Ibarra-Murillo y Gil-Quílez 2009): “(...) esos remansos hacen que el agua se caliente más y crezcan bacterias que habitualmente no se encuentran, incrementándose el riesgo de infecciones; además la potabilización de las aguas hace que se requieran nuevos tratamientos y obligaría a usar productos químicos que potencialmente también presentar riesgos para la salud”.

Los grupos que utilizan un menor número de pruebas son el 2 (12 pruebas) y el 9 (13 pruebas). En el caso del grupo 9, aunque en su informe utilizan multitud de datos, la mayoría son copias directas de la información proporcionada por lo que no se consideran como pruebas. En el caso del grupo 2, la mitad de las pruebas proceden de los cambios en la biocenosis, resultando en un uso de pruebas mucho más pobre que el de otros grupos.

¿Qué relaciones establecen entre los distintos tipos de pruebas?

Al igual que en la sección anterior, primero se describen las categorías y se presentan ejemplos de los informes, y después se discuten los resultados obtenidos.

En la primera categoría, se incluyen las justificaciones que integran pruebas procedentes de dos grupos de expertos distintos (tabla 4). Dentro de esta categoría se distinguen seis subcategorías que se corresponden con los grupos de expertos concretos entre los que se establece la relación. Por ejemplo en la subcategoría Biotopo-Humano encontramos el siguiente ejemplo “dragar costaría muchísimo dinero (...) no es permanente, dentro de unos años los sedimentos se volverían a acumular y habría que volver a invertir para dragarlo de nuevo” (informe del grupo 2). Esta justificación integra el aspecto económico con los cambios que produciría el dragado en la dinámica fluvial.

En la segunda categoría, se clasifican las justificaciones que combinan pruebas procedentes de tres grupos de expertos. Se distinguen dos subcategorías en función de los grupos de expertos de los que procede la información, Flora-Biotopo-Humano o Fauna-Flora-Biotopo. Un ejemplo lo encontramos en el informe del grupo 3: “para llegar al río se debe talar parte del bosque lo cual supone una pérdida de diversidad muy importante y hace que el suelo esté más suelto y cuando haya una crecida se desprenda todo”. Esta justificación incluye referencias a la flora (los árboles del bosque), la fauna (pérdida de diversidad) y el biotopo (el suelo se pierde porque los árboles no lo retienen con las raíces).

En la última, se incluyen las justificaciones que combinan pruebas procedentes de todos los grupos de expertos. Es decir, son las justificaciones en que se consideran, y relacionan, todos los factores que influyen en un ecosistema fluvial; siendo las más complejas de elaborar, y las de mayor calidad. Un ejemplo lo encontramos en la justificación del grupo 10, en concreto en su argumento en contra de dragar el río Ebro: “la extracción de arenas de ríos reduce las áreas fértiles adyacentes al cauce, así como recursos forestales y hábitats silvestres en las áreas de los bosques de ribera. Hábitats degradados llevan a una pérdida de la productividad de peces, biodiversidad y el potencial de recreación”.

Las relaciones entre pruebas procedentes de los expertos Biotopo y Humano son las más abundantes, y aluden principalmente a la relación entre la dinámica del río y el coste económico del dragado, siendo una de las justificaciones más utilizadas por los grupos base en sus conclusiones finales (grupo 2): “dragar el Ebro costaría muchísimo dinero y aunque se dragara bien no es permanente, dentro de unos años los sedimentos se volverían a acumular...”. Para enfatizarlo, algunos grupos proporcionan datos concretos del coste que supondría o de la inutilidad respecto al nivel de agua que rebajaría (grupo 5): “realmente por cada metro que dragamos el nivel del río desciende sólo 8 centímetros”.

Las relaciones entre Flora y Biotopo se establecen considerando las consecuencias que tendrían el dragado en la vegetación, y cómo influirían en el terreno por el que discurre el río. Hay grupos como el 8 que se dan cuenta de que a causa del dragado del río, la flora ribereña se destruiría y dejaría de fijar el suelo y los nutrientes “...realizan labores de gran importancia: oxigenan el agua, sirven de refugio y alimento a muchas especies, sujetan el sustrato, ayudan a la infiltración de agua...”. Otros, como el 5, consideran que podría llegar a influir en la dinámica del propio río, ya que al disminuir la energía cinética de la corriente, la erosión también se modificaría: “el agua que pasaría poco a poco en un caudal uniforme se convierte en un torrente de agua después de las heladas y días de nieve que hemos tenido”.

En la tabla 4 se resumen los resultados obtenidos tras el análisis.

Tabla 4. Relaciones establecidas entre las pruebas.

Categoría	Subcategoría	Grupos												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Establece relaciones entre pruebas de dos grupos de expertos	Fauna-Flora	1	1	1	-	1	1	1	1	-	-	1	1	9
	Fauna-Biotopo	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1	2	6
	Fauna-Humano	-	-	1	.	1	-	1	1	1	-	-	-	5
	Flora-Biotopo	2	-	1	-	1	-	3	1	-	1	-	2	11
Establece relaciones entre pruebas de tres grupos de expertos	Biotopo-Humano	2	1	1	3	2	1	1	-	2	2	3	3	21
	Flora-Biotopo-Humano	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
	Fauna-Flora-Biotopo	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	3
Establece relaciones entre pruebas de todos los grupos	Fauna-Flora-Biotopo-Humano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
Total		5	3	6	3	8	2	7	3	3	6	5	8	59

Las relaciones entre Flora y Fauna aparecen en nueve justificaciones. En ellas se reconocen las relaciones que se establecen entre los productores y los consumidores. En concreto se considera que si las plantas desaparecen, los animales dejan de tener alimento o zonas de refugio, lo que tendría consecuencias para su supervivencia. Un ejemplo lo encontramos en una de las justificaciones dadas por el grupo 3: “la flora es muy importante para la fauna del Ebro ya que muchas especies se alimentan de los vegetales (...) por lo tanto afectarían a la cadena trófica”.

Aunque no se establecieron relaciones entre Flora y Humano, sí encontramos algunos ejemplos de relaciones entre Flora-Biotopo-Humano y Fauna-Flora-Biotopo. En el primer caso hacen referencia a que el dragado destruye la flora ribereña, de tal forma que los sedimentos no serán fijados y los nutrientes no servirán para fertilizar los campos agrícolas. Podría decirse que es un paso más elaborado que el argumento Flora-Biotopo que se ha señalado anteriormente (grupo 5): “las riadas nos traen sedimentos y limos que aseguran la fertilidad de la tierra y la falta de humus y rizomas (...) hace que la tierra no cumpla su labor de retener agua por lo que aparte de desertificar nuestros campos hace que el agua escape sin control en forma de escorrentías que dañan el suelo y lo erosionan”. En cuanto a la relación Fauna-Flora-Biotopo, los grupos base tratan de relacionar las consecuencias del dragado con la alteración de los procesos erosivos, y sus consecuencias para la flora y la fauna. Un ejemplo lo encontramos en el informe del grupo 7: “los dragados causan efectos muy negativos (...) eliminan la complejidad del lecho fluvial y sus diferentes ambientes, afectan a flora y fauna con la destrucción de sus hábitats y no permiten la circulación de los sedimentos, alterando localmente todos los procesos de erosión y sedimentación. Todo ello genera consecuencias en los ecosistemas acuáticos y ribereños, que no se ven renovados.”

En cuanto a las justificaciones en que se relacionan pruebas procedentes de los cuatro grupos de expertos, solo encontramos dos de este tipo, ambas del grupo 10. Un ejemplo es “incluso los agricultores saben (esto me lo ha dicho mi abuelo que ha sido agricultor toda la vida) que cuando el agua se desborda, la tierra recibe nutrientes y normalmente las mejores cosechas siempre son tras una inundación, además de ahorrarse dinero en abonos. Cuando los campos florecen de esta manera, las abejas y otros animales se benefician también, un equilibrio muy beneficioso”. En esta justificación, además de combinar pruebas de todos los grupos de expertos, se muestra cómo el grupo considera aspectos como los cambios en el ecosistema, las relaciones biótico-abiótico y las relaciones interespecificas.

En relación al desempeño de cada grupo base, encontramos que los que establecieron un mayor número de relaciones fueron el grupo 5 (8 relaciones) y el 12 (8 relaciones), seguidos del 7 (7 relaciones). Este resultado no se relaciona con los grupos que presentaron mayor número de pruebas, que fueron el 10 (28 pruebas), el 3 (22 pruebas) y el 5 (22 pruebas), por lo que parece que la capacidad de establecer relaciones entre las pruebas no depende directamente la cantidad de pruebas identificadas, sino de cómo contrastan sus datos con el resto de componentes del grupo base. Es decir, podría existir una relación entre la dinámica de trabajo que se establece en cada grupo base, y el uso de pruebas por parte de sus componentes. Este punto se aborda en profundidad en el apartado de conclusiones.

Conclusiones

En este trabajo se examina qué tipo de pruebas utilizan los grupos base al resolver un problema sobre la posibilidad de dragar el río Ebro, y qué tipo de relaciones establecen entre ellas al justificar sus decisiones. Los resultados obtenidos nos llevan a las siguientes conclusiones:

En relación al uso de pruebas, las mayoría de las utilizadas por los grupos base hacen referencia a: los cambios en la biocenosis, los cambios en la dinámica del río y los factores humanos. La relación entre los cambios en la dinámica fluvial, como el incremento de pendiente y el aumento de erosión, y sus consecuencias en el cauce del río supone grandes dificultades para el alumnado (Martínez-peña y Gil-Quílez 2014a), sin embargo en este trabajo algunos grupos base han sido capaces de identificarla. Por ello, se podría considerar que esta propuesta promueve la adquisición de un modelo más complejo de río por parte de los estudiantes.

Las pruebas que presentan menos utilizadas son las relacionadas con el biotopo, en particular las que proporcionaban informaciones sobre las condiciones físico-químicas del río, solo nombradas en 19 ocasiones. Una de las razones para su escasa utilización podría relacionarse con que los razonamientos que involucran la interacción entre los factores bióticos y abióticos son los más complejos y los que mayores dificultades suponen para los estudiantes (Mangtorn y Hellden 2007). Aunque los alumnos estiman que ciertos elementos como el agua o la presencia de la luz son imprescindibles para la vida, no consiguen conectarlos con su papel en la formación de estructuras vivas. Esto hace que tengan problemas para considerarlos como factores limitantes del ecosistema (Fernández-Manzanal y Casal Jiménez 1995). Esta dificultad podría relacionarse con cómo se presenta el tema de ecología en las aulas: en primer lugar se estudia cada componente por separado, para después intentar dar una panorámica general. Esta aproximación puede resultar incompleta si lo que se pretende es lograr una comprensión del ecosistema como un sistema dinámico con multitud de interacciones. Por ello, destacamos la necesidad de incrementar la presencia de datos relacionados con las características físico-químicas de los ecosistemas en las actividades de ecología que se plantean al alumnado. Por ejemplo proponiendo problemas como la eutrofización de un río, donde las condiciones físico

químicas y sus repercusiones se planteen de forma explícita, presentando datos como temperatura, pH, oxígeno disponible o concentración de CO₂, y solicitando a los alumnos relacionarlos con qué organismos podrían vivir en esas condiciones.

En cuanto a las relaciones que se establecen entre las pruebas, encontramos que en la mayoría de las ocasiones relacionan pruebas procedentes de los grupos de expertos de Biotopo y Humano. Otras como las pruebas procedentes de los grupos de expertos Flora y Humano o las relaciones entre tres expertos apenas aparecen, y las que relacionan pruebas procedentes de todos los grupos solo las encontramos en un argumento. Esta limitación podría conectarse con cómo se trabaja el uso de pruebas, y la argumentación, en el aula de ciencias. La mayoría de las tareas escolares manejan un número limitado de pruebas, en ocasiones dos o tres tipos diferentes (Jiménez-Aleixandre 2010). Por ello, no es de extrañar que los estudiantes encuentren dificultades al manejar una mayor cantidad, ya sea para distinguir entre cuáles son relevantes para la tarea y cuáles no, o para establecer relaciones entre ellas como han mostrado Bravo-Torija y Jiménez-Aleixandre (2011), Kanari y Millar (2004) o McNeill y Krajick (2007). En base a los resultados obtenidos, insistimos que hay que seguir realizando actividades que proporcionen una variedad amplia de datos, con distintos formatos y procedencia, promoviendo su interpretación y relación.

Es de destacar que, a pesar de la dificultad de los pequeños grupos para establecer relaciones entre los distintos tipos de pruebas, todos ellos, a excepción del grupo 6, han sido capaces de integrarlas en sus justificaciones. Una operación en el uso de pruebas que no es válida para los estudiantes (Sandoval y Millwood 2005). Por ello, podríamos pensar que este tipo de actividades favorece la adquisición de estas destrezas, cruciales para argumentar científicamente (Jiménez Aleixandre 2010).

Algunos puntos que influyeron en el desarrollo de la propuesta, y que merecen atención, son el tipo información proporcionada al alumno y su selección, el papel desempeñado por el docente y el trabajo en pequeño grupo. En cuanto a la información proporcionada, se les dió una bibliografía a consultar variada, que incluyó información de instituciones públicas, declaraciones de personal técnico especializado (ingenieros agrónomos, geólogos y geógrafos) y noticias de la prensa, con objeto de que los estudiantes dispusieran de diferentes niveles de calidad y fiabilidad. Así se intentó solventar el problema de la gran densidad de información disponible, que pudiera saturar a los estudiantes. Este planteamiento puede tener el inconveniente de ofrecer cierta información sesgada, apareciendo con mayor frecuencia en los informes de los grupos; sin embargo puede solventarse si se deja a su elección la bibliografía a consultar. Pero esto último requeriría una planificación mayor ya que supone incluir en la propuesta un apartado de búsqueda efectiva de información en la red (Agustí y Font, 2008).

El papel del profesor ha tenido influencia en varios aspectos: la formación de los grupos de trabajo y la supervisión durante las sesiones grupales, resolviendo cuestiones y promoviendo la discusión entre los estudiantes. Sobre el primero, los grupos fueron construidos junto al profesor tutor para asegurar la heterogeneidad entre el alumnado, y que no hubiera problemas entre ninguno de sus miembros. Esto permitió crear un clima de aula que favoreció que los alumnos, en la mayoría de los pequeños grupos, pudieran defender sus posturas, co-construyendo sus argumentos. Sobre el segundo punto, es importante que durante los trabajos colaborativos el profesor observe el comportamiento de los equipos y haga sugerencias o aclaraciones, ya que en ocasiones los conceptos a trabajar pueden ser difíciles de comprender y los alumnos encuentran obstáculos para integrarlos en sus justificaciones. También puede ocurrir que los grupos escogan una opción demasiado pronto sin generar ninguna discusión. En este punto, en la propuesta presentada la docente alentaba a los grupos a considerar otras opciones en base a pruebas que ya habían descartado, o incluso ignorado, por no ajustarse a su

opción inicial. Un comportamiento que se repite con cierta frecuencia como se muestra en el estudio de Evagorou *et al.* (2012).

Una última cuestión se relaciona con la influencia que tiene el trabajo en grupo en la consecución de la actividad. Se ha observado que aquellos grupos con una buena organización entre expertos son capaces de establecer más relaciones entre las pruebas que aquellos con una organización deficiente. Un ejemplo lo encontramos en el grupo 6, que aunque utiliza una gran cantidad de pruebas en su informe final (20), solo en dos ocasiones es capaz de establecer relaciones entre ellas. Esto podría ser debido a que durante su discusión no alcanzan un consenso sobre si dragar o no el río, lo que les lleva a presentar sus pruebas de forma aislada, sin considerar las relaciones entre ellas. Es decir, completan la tarea de forma parcial, dado que el objetivo era presentar un informe en el que justificarán si se debía dragar o no el río Ebro, por lo que no llegan a resolver la tarea de forma adecuada. Este comportamiento contrasta con el del grupo 5 donde el número de pruebas utilizadas es idéntico (20), pero establecen hasta ocho relaciones, incluyendo dos que integran pruebas procedentes de tres grupos de expertos. Durante la elaboración del informe, los miembros del grupo discuten cada una de las pruebas aportadas al grupo y las utilizan para alcanzar un consenso. El tipo de roles que adoptan los estudiantes cuando trabajan en grupo y su influencia en la toma de decisiones ha sido estudiado por Maloney (2007), quien encontró que existen una relación entre ambos. Sin embargo, consideramos que sigue siendo necesario profundizar en cómo la dinámica de trabajo en grupo influye en el tipo de argumentos que proporcionan los estudiantes. Sobre todo en un momento en que el trabajo colaborativo se está implementando en muchas de nuestras aulas.

Agradecimientos

Al proyecto EDU2015-66643-C2-2-P financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, y al Grupo de Investigación BEAGLE, perteneciente al Instituto de Investigación de Ciencias Ambientales (IUCA). A los alumnos y alumnas participantes en el estudio y a los revisores cuyas contribuciones han mejorado este trabajo.

Referencias bibliográficas

- Agustí M.F., Font C. M. (2008) Cómo buscan información en internet los adolescentes. *Investigación en la escuela* 64, 45-58.
- Bach J. (2008) El riesgo de inundación: una propuesta de tratamiento. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 55, 43-55.
- Bardin L. (1996) *El análisis del contenido. 2ª edición*. Madrid: Akal.
- Bravo-Torija, B., Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011) *A learning progression for using evidence in argumentation: An initial framework*. Comunicación presentada en el Congreso de ESERA, Lyon, del 5-9 de septiembre.
- Bravo-Torija, B., 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), 122-135.
- Casas M., Bosch D., González, N. (2005) Las competencias comunicativas en la formación democrática de los jóvenes: describir, explicar, justificar, interpretar y argumentar. *Enseñanza de las Ciencias Sociales* 4, 39-52.
- Díaz-Moreno, N. (2014) Determinación de una controversia sociocientífica a nivel local: el caso del agua como recurso natural en prensa. *Enseñanza de las Ciencias*, 32.(3), 697-698.

- Díaz-Moreno, N., 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.
- Duschl R. A. (1995) Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias* 13(1), 3-14.
- Evagorou M., Jiménez-Aleixandre M. P., Osborne, J. (2012) 'Should we kill the grey squirrels?' A study exploring students' justifications and decision-making. *International Journal of Science Education* 34(3), 401-428.
- Eyster L.S., Tashiro, J. S. (1997) Using Manipulatives to Teach Quantitative Concepts in Ecology. *The American Biology Teacher* 59 (6), 360-364.
- Fernández-Manzanal R., Casal-Jiménez, M. (1995) La enseñanza de la ecología: Un objetivo de la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias* 13(3), 295- 311.
- Hogan K., Maglienti M. (2001) Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientific's reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching* 38 (6), 663-687.
- Ibarra-Murillo J., Gil-Quílez, M. J. (2009) Uso del concepto de sucesión ecológica por alumnos de secundaria: la predicción de los cambios en los ecosistemas. *Enseñanza de las Ciencias* 27(1), 19-32.
- Jiménez-Aleixandre M. P. (2010) *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jordan R., Gray S., Demeter M., Kui L., Hmelo-Silver C. (2009) An assessment of student's understanding of ecosystem concepts: conflating ecological systems and cycles. *Applied Environment Education and Communication* 8, 40-48.
- Kanari Z., Millar R. (2004) Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching* 41 (7), 748-769.
- Kosloski B., Marasia J., Chelenza M., Dublin, R. (2008) Information becomes evidence when an explanation can incorporate it into a causal framework. *Cognitive Development* 23, 472-487.
- Magntorn O., Hellden, G. (2007) Reading new environments: students' ability to generalize their understanding between different ecosystems. *International Journal of Science Education* 29(1), 67-100.
- Maloney J. (2007) Children's roles and use of evidence in science: an analysis of decision-making in small groups. *British Educational Research Journal* 33(3), 371-401.
- Martínez-Peña B., Gil-Quílez M. J. (2014a) El río: un tema cotidiano para el aula de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 22(3), 257-266.
- Martínez-Peña B., Gil-Quílez M. J. (2014b) Construcción del modelo de río: paso previo a la reflexión sobre gestión fluvial. En: De las Heras , M. A. y col. (Coord). *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto importante*. Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones.
- McNeill, K. L., Krajcik, J. (2007) Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. En M. Lovett y P. Shah (Eds.) *Thinking with Data* (pp. 233-265). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- OCDE. (2008) *Informe PISA 2006, competencias científicas para el mundo de mañana*. Madrid: Santillana.
- Osborne J., Erduran S., Simon S. (2004) Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching* 41(10), 994-1020.
- Pujolás P. (2003) *El aprendizaje cooperativo: algunas ideas prácticas*. Barcelona: Universidad de Vic.
- Sandoval, W. A., Millwood K. (2005) The quality of student's use of evidence in written scientific explanation. *Cognition & Instruction* 23(1), 23-55.
- Sexton J. M. (2012) College Students' Conceptions of the Role of Rivers in Canyon Formation. *Journal of Geoscience Education* 60, 168-178.
- Toulmin S. (1958) *The Uses of Argument*. Cambridge: University Press.
- Zohar A., Nemet F. (2002) Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching* 39(1), 35-62.