



Evaluación con rúbricas de actividades de argumentación científica sobre el consumo de agua embotellada

Daniel Cebrián-Robles, Francisco Rodríguez-Mora y Ángel Blanco-López

Universidad de Málaga. Didáctica de las Ciencias Experimentales

[Recibido el 26 de octubre de 2018, aceptado el 3 de febrero de 2019]

Los contextos de la vida diaria refuerzan en los estudiantes el interés por aprender a la vez que permiten aplicar los aprendizajes fuera del aula. En este trabajo se presenta una propuesta para evaluar la capacidad de argumentación de los estudiantes mediante el uso de rúbricas. Las actividades de evaluación forman parte de un programa formativo cuya finalidad es transmitir ciertos valores y conocimientos sobre el consumo de agua embotellada, a la vez que trabajar la argumentación científica. En concreto, se muestra un esquema de análisis de la dificultad de las actividades de argumentación basándose en dos aspectos: el grado de familiarización de los estudiantes con el contenido científico implicado en cada una de ellas y la procedencia de las pruebas necesarias para construir un argumento científico. Finalmente, se plantea como hipótesis una progresión didáctica para mejorar la capacidad de argumentación científica a partir de los datos obtenidos con estudiantes de tercero de ESO.

Palabras clave: argumentación; agua embotellada; problemas socio-científicos; pruebas científicas; evaluación.

Assessment through rubrics of scientific argumentation activities about the consumption of bottled water

The contexts of daily life reinforce the interest to learn in the students while allow to apply the learning outside the classroom. In this paper, a proposal is presented to evaluate the argumentation capacity of students through the use of rubrics. The evaluation activities are part of a training program whose purpose is to transmit certain values and knowledge about the consumption of bottled water, while working on scientific argumentation. Specifically, it shows a scheme of analysis of the difficulty of argumentation activities based on two aspects: the degree of familiarization of students with the scientific content involved in each of them and the origin of the evidence needed to build a scientific argument. Finally, a learning progression is proposed as a hypothesis to improve the capacity for scientific argumentation based on the data obtained with secondary students.

Keywords: argumentation; bottled water; socio-scientific issues; scientific tests; evaluation.

Introducción

Existe bastante acuerdo en la importancia de plantear en la enseñanza de las ciencias propuestas educativas basadas en problemas socio-científicos (España-Ramos y Prieto-Ruz, 2010; Ratcliffe y Grace, 2003) dado el interés que estos tienen para los ciudadanos (Colucci-Gray, Camino, Barbiero y Gray, 2006; Ratcliffe y Grace, 2003; Simonneaux, 2008). Estos problemas socio-científicos son problemas reales y, muchos de ellos cercanos a la ciudadanía, abiertos, complejos y controvertidos, que pueden ser considerados bajo una variedad de perspectivas y que están relacionados con el conocimiento científico, debido a la compleja relación que existe entre ciencia y sociedad (Jiménez-Aleixandre, 2010).

El abastecimiento de agua y las condiciones insalubres sanitarias son el segundo mayor problema que origina la muerte prematura mundial (OECD, 2012). Sin embargo, uno de los problemas que afecta a los ciudadanos de los países desarrollados no es el acceso al agua potable, sino el de decidir de manera responsable y fundamentada qué tipo de agua de bebida es mejor consumir, del grifo o envasada (embotellada): la controversia ya viene de lejos (Ferrier, 2001). El modelo socioeconómico actual y su relación con el consumo, la publicidad y los estilos de vida condicionan la toma de decisiones de los ciudadanos sobre la compra de ciertos productos (Klein, 2015; Steffen y Stafford, 2013), como puede ser el caso del consumo de agua de bebida embotellada.

El agua embotellada se ha convertido en un producto de consumo masivo en torno al cual existen múltiples debates abiertos con implicaciones en diferentes aspectos de la vida diaria de las personas, por ejemplo, en torno a la salud (Ferrier, 2001; Royte, 2008), pero también a nivel social con implicaciones éticas, económicas y medioambientales (Gleick y Cooley, 2009). Así, la decisión o no de consumir agua embotellada como alternativa al agua del grifo genera ciertos dilemas que pueden englobarse en el ámbito de los problemas sociocientíficos, que requieren de la toma de decisiones responsables por parte del consumidor y para las cuales el acceso a la información y el conocimiento científico juegan un papel importante (Siribunnam, Nuangchalerm y Jansawang, 2014).

En este sentido, es importante formar a las nuevas generaciones para que desarrollen una concienciación y un pensamiento crítico sobre este problema (Piasentin y Roberts, 2018). Este pensamiento crítico y las habilidades relacionadas con la interpretación de la información son consideradas importantes para ser adquiridas por todos los ciudadanos como parte de su educación científica (Blanco-López, España-Ramos, González-García y Franco-Mariscal, 2015). Entre las dimensiones importantes del pensamiento crítico se encuentra la argumentación. Uno de los retos que se presenta en la enseñanza de la argumentación es establecer una cultura argumentativa en el aula que favorezca una evaluación de los argumentos de una manera válida y fiable, permitiendo fomentar y apoyar el discurso colaborativo y social de los estudiantes, además de la concienciación del desarrollo profesional de los profesores en argumentación (Henderson, McNeill, González-Howard, Close y Evans, 2018). Son muchos los autores que analizan los argumentos basándose en el modelo de Toulmin (1958), y algunos de ellos consideran que los elementos esenciales de todo argumento válido son: las pruebas (P), las justificaciones (J) y las conclusiones (C) (Jiménez-Aleixandre, 2010).

En un trabajo previo Rodríguez-Mora y Blanco-López (2015) presentan el diseño y análisis de una propuesta didáctica para el desarrollo de competencias científicas en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), utilizando situaciones cotidianas relacionadas con el consumo de agua de bebida embotellada como contexto de enseñanza. En el marco del desarrollo y evaluación de esta propuesta didáctica, el objetivo de este trabajo es plantear una hipótesis de progresión para evaluar la capacidad de argumentación científica de los estudiantes en función de la familiaridad de los conocimientos y la procedencia de las pruebas.

Metodología

Contexto

Esta propuesta didáctica titulada ¿Es necesario consumir agua embotellada? (Rodríguez-Mora y Blanco-López, 2015) fue desarrollada durante 12 sesiones de clase de una hora duración con 25 estudiantes de tercer curso de ESO en el centro donde trabaja uno de los autores, durante dos cursos académicos, en la materia de Física y Química. Se pretende con ella, entre otros aspectos, que el alumnado: reflexione sobre las diferencias entre el agua embotellada y del grifo a efectos de composición y control sanitario; conozca y aplique conocimientos de química utilizando un producto tan cotidiano como el agua embotellada; aprenda a identificar cuestiones científicas, a explicar y a argumentar utilizando ideas, datos y pruebas científicas; y tome decisiones reflexionadas y fundamentadas acerca el consumo de este tipo de agua. La propuesta incluía un buen número de actividades diversas (lectura de textos, debates, análisis de vídeos, etc.), algunas de ellas relacionadas con distintos aspectos de la argumentación.

Instrumento de recogida de datos

Los datos que se presentan en este estudio proceden de la prueba de evaluación (Rodríguez-Mora y Blanco-López, 2016), cumplimentada por los estudiantes tras finalizar la implementación. Contenía tres actividades con diferentes niveles de dificultad atendiendo a la procedencia de las pruebas que se necesitaban para responder con una argumentación científica adecuada y a la familiarización de los estudiantes con el conocimiento científico implicado en cada una de ellas (tabla 1).

Tabla 1. Nivel de dificultad del enunciado según la aportación de pruebas.

Actividad	Pruebas en el enunciado	Pruebas aportadas por el estudiante	Familiaridad con el contenido	Nivel de dificultad
La pureza del agua	Todas	Ninguna	Alto	N1 - Bajo
La cal	Ninguna	Todas	Alto	N2 - Medio
El agua de montaña	Ninguna	Todas	Baja	N3 - Alto

Teniendo en cuenta la descripción de la tabla 1, se plantea como hipótesis que una mayor familiaridad con los conocimientos requeridos por la actividad se relaciona con un mayor desempeño en la argumentación y, por el contrario, el número de pruebas que tiene que aportar el estudiante para elaborar su respuesta se relaciona con un menor desempeño.

Se analiza a continuación cada una de las actividades de argumentación recogidas en la tabla 1.

Actividad sobre la pureza del agua

Esta actividad se mostró a los estudiantes con el siguiente enunciado: “Se presenta una etiqueta encontrada en una botella de una marca de agua embotellada (parte anterior y posterior). Léela con atención. ¿Crees tú que esta agua de la botella es *agua pura, verdaderamente pura* como pone la etiqueta? Justifica tu respuesta a partir de la información (términos o datos) que aparecen en la etiqueta” (figura 1).



Figura 1. Imagen de la actividad sobre la pureza de agua.

Su finalidad es evaluar la capacidad de los estudiantes para diferenciar el concepto de “pura” en el ámbito de la química y en el de la vida cotidiana, que es el utilizado en la etiqueta del producto. Este concepto, así como los conocimientos químicos básicos sobre disoluciones, fueron tratados de forma explícita en el desarrollo de la propuesta didáctica.

Desde el punto de vista de las pruebas que se necesitan para responder adecuadamente, estas vienen incluidas en la información que proporciona el texto de la etiqueta. En concreto, se hace referencia a que el agua contiene distintas sustancias, entre ellas “gas”.

Tomando en consideración ambos factores, se valora que esta pregunta debería tener tiene un nivel de dificultad bajo (nivel N1) para los estudiantes con los que se ha realizado la experiencia.

Actividad sobre la cal

El enunciado de la actividad es: “Argumenta sobre la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: *El agua embotellada no tiene cal. Solo el agua del grifo tiene cal.* Indica todas las razones que puedas para completar tu respuesta”.

Esta actividad recoge una de las creencias más extendidas entre los estudiantes (el agua embotellada está exenta de cal) (Rodríguez-Mora y Blanco-López, 2012), que la convierten en uno de los principales motivos para elegir este producto como alternativa al agua del grifo, y que precisa de un tratamiento específico en el aula.

Se considera una pregunta de mayor dificultad en cuanto a la capacidad de argumentación (nivel N2) pues las pruebas a aportar no se encuentran de manera explícita en el enunciado teniendo que acudir el estudiante al conocimiento científico previamente trabajado en el aula.

Actividad sobre agua de alta montaña

Se presentó con el siguiente enunciado: “Fíjate en el siguiente anuncio publicitario y léelo detenidamente. Contesta a la siguiente pregunta: *¿Te renovarías igualmente si en vez de beber agua pura de alta montaña bebieras agua del grifo? Explica tu respuesta*” (figura 2).

Se trata de una actividad basada en un anuncio publicitario de una conocida marca da agua de bebida embotellada, que hace alusión al proceso de “renovación” continua que afecta al agua que contiene nuestro cuerpo. Se trata de convencer al consumidor para que este proceso se realice con agua embotellada en vez de con agua del grifo.



Figura 2. Imagen de la actividad sobre el agua de alta montaña.

Como tarea de argumentación debe considerarse la más compleja (nivel N3), pues el estudiante debe acudir a información variada, no explícitamente trabajada, para construir su discurso argumentativo y aportar las pruebas que considere necesarias para evaluar la afirmación suministrada.

Propuesta de evaluación de la capacidad de argumentación

Se presenta una propuesta para la evaluación de la argumentación en las actividades contempladas basada en el esquema de Toulmin (1958), y la progresión en el grado de desempeño de cada uno de los tres elementos básicos de la argumentación (pruebas, justificación y conclusión) según ese mismo esquema.

A continuación se detallan, en la tabla 2, las respuestas correctas elaboradas por los investigadores, así como los elementos necesarios para construir un buen argumento en cada una de las actividades.

Tabla 2. Respuestas correctas con los diferentes elementos de un buen argumento.

Actividades	La pureza del agua	La cal	El agua de montaña
Respuesta adecuada	El agua embotellada no es químicamente pura, porque contiene diferentes sustancias disueltas. En la etiqueta se indica la presencia de gas, calcio y sodio que hacen del agua embotellada una mezcla homogénea	El agua embotellada también contiene cal, pues presenta calcio y magnesio. Estas sales son las principales responsables de la dureza del agua, a las que coloquialmente nos referimos como "cal" en el agua	Me renovaría igualmente bebiendo agua de grifo, pues el agua de alta montaña como el agua de grifo contiene minerales. Estos minerales son necesarios para renovarme
Pruebas (P)	En la etiqueta se indica que se trata de agua con gas Contiene calcio y sodio	El agua embotellada tiene calcio y magnesio	El agua de alta montaña contiene minerales El agua de grifo contiene minerales Necesitamos agua con minerales para "renovarnos"

Tabla 2. Respuestas correctas con los diferentes elementos de un buen argumento.(Continuación)

Actividades	La pureza del agua	La cal	El agua de montaña
Justificación (J)	No es químicamente pura, porque contiene distintas sustancias disueltas. El agua embotellada es una mezcla homogénea	Las sales de calcio y magnesio presentes en el agua son las principales responsables de la dureza del agua, a las que coloquialmente nos referimos como “cal” en el agua	Como ambas aguas tienen minerales y estos los necesito para renovarme, serían igualmente válidas
Conclusión (C)	El agua embotellada no es químicamente pura	El agua embotellada también contiene cal	Me renovaría igualmente bebiendo agua de alta montaña como de grifo

Para valorar el grado de desempeño se presenta la rúbrica específica de la actividad “el agua de alta montaña” por tratarse la más compleja de las tres consideradas (figura 3).

1.Conclusión/es				
1 No se plantea conclusión alguna	2 Llega a una conclusión inadecuada, piensa que el agua del grifo y/o de alta montaña son diferentes en cuanto a renovación interna	3 A pesar de afirmar que ambas renuevan por igual, la conclusión es poco precisa desde el punto de vista científico	4 Piensa que el agua de alta montaña y del grifo contienen sales que renuevan igualmente. Precisa científicamente, pero de forma tentativa (yo creo, en mi opinión...)	5 Piensa que el agua de alta montaña y del grifo contienen sales que renuevan igualmente. Además, precisa científicamente y de forma taxativa
2.Pruebas				
1 No se presentan pruebas	2 Se presentan pruebas erróneas sobre la presencia de sales minerales en agua de alta montaña y de grifo. Estas no son apropiadas y/o no apoyan a la conclusión	3 Proporciona algunas pruebas como que el agua de montaña o del grifo presentan sales minerales, pero le falta aportar ambas pruebas o decir que ambas tienen sales minerales	4 Proporciona pruebas suficientes y apropiadas para defender que el agua de alta montaña y del grifo presentan sales minerales que ayudan a renovar el cuerpo	
3.Justificación				
1 No hay justificación alguna	2 Hace una justificación pero piensa equivocadamente que el agua de alta montaña y de grifo son diferentes en cuanto a sales minerales, y cómo estás pueden renovar el cuerpo	3 Hay un justificación que relaciona las pruebas con la conclusión pero no son suficientes para defender que hay sales minerales en agua de alta montaña y de grifo que pueden renovarnos	4 Proporciona una justificación que relaciona la conclusión con las pruebas. Incluye ideas científicas apropiadas y suficientes para la argumentación, pero no utiliza términos con precisión o de forma taxativa	5 Proporciona una justificación que relaciona la conclusión con las pruebas. Incluye ideas científicas apropiadas y suficientes para la argumentación. Y además utiliza los términos con precisión y de forma taxativo

Figura 3. Rúbrica específica de evaluación de la actividad del agua de alta montaña.

A continuación, se muestran ejemplos de cómo se ha llevado a cabo la evaluación con la rúbrica de la figura 3 realizada sobre las respuestas de los estudiantes a la actividad “agua de alta montaña”. Se utiliza un sistema de codificación que combina tres números y letras, correspondiendo el número con el nivel alcanzado en la rúbrica y la letra con el elemento del argumento que se está evaluando. Así, un estudiante que alcanza el máximo nivel de desempeño según esta rúbrica de evaluación de la figura 3, se codifica como 4P5J5C, pues obtiene un nivel N4 para las pruebas, y un nivel N5 para la justificación y la conclusión, respectivamente.

La respuesta incluida en la figura 4 se ha seleccionado entre una de las más adecuadas.

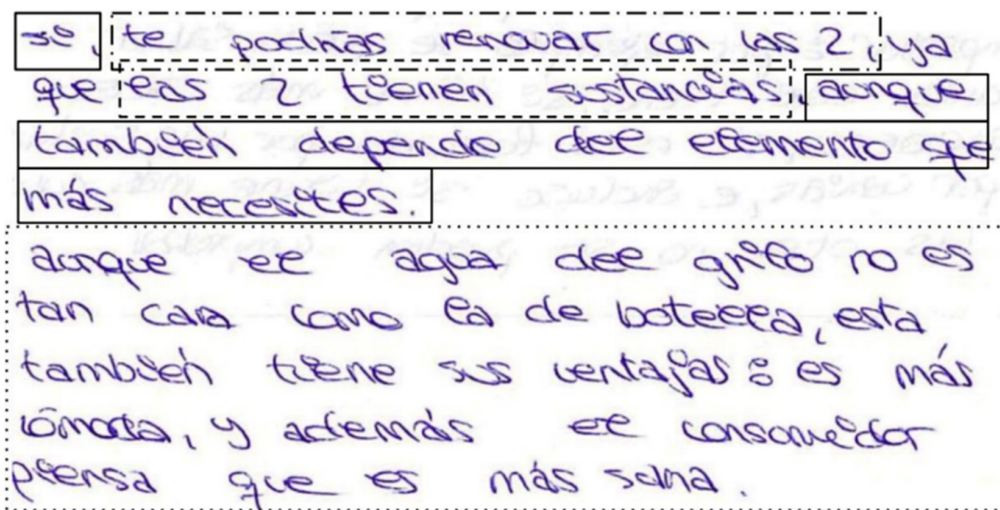


Figura 4. Respuesta del estudiante E08 a la actividad sobre agua de alta montaña.

En la figura 4 se identifican los elementos del argumento mediante: líneas continuas para la conclusión, discontinuas para las pruebas, líneas con puntos para las justificaciones y, finalmente, líneas punteadas para la información extra que el estudiante aporta. A modo de ejemplo, en esta figura se muestra una respuesta codificada como 3P5J5C. Se le ha asignado un nivel N3 para las pruebas porque aunque utiliza la denominación de “sustancias” no menciona la presencia de “sales minerales” que se considera la prueba más adecuada. Sin embargo, se asigna el máximo nivel en la justificación ya que es similar a la que se considera como más idónea: “te podrías renovar con las dos, ya que las dos tienen sustancias”. Lo mismo ocurre con la conclusión, expresada por el estudiantes en términos taxativos, es decir, sin incluir dudas sobre ella: “sí, ... aunque también depende del elemento que más necesites”.

La figura 5 recoge la respuesta del estudiante E07 que se considera como una respuesta menos adecuada según los criterios e indicadores incluidos en la rúbrica (figura 3).

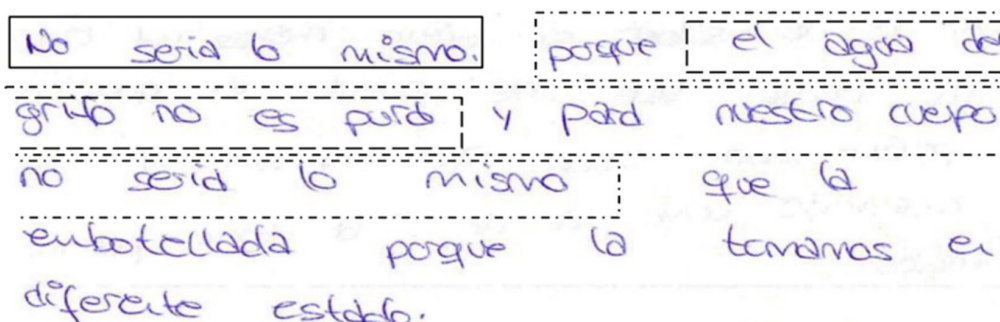


Figura 5. Respuesta del estudiante E07 a la actividad sobre agua de alta montaña.

La respuesta que se recoge en esta figura se ha codificado como 2P2J2C. Así, la prueba aportada por el estudiante “el agua del grifo no es pura”, aún siendo correcta desde el punto de vista químico no diferencia este tipo de agua del agua embotellada que tampoco es químicamente pura. Por tanto, esta prueba no es apropiada (J2) para la conclusión aportada. Por similares razones, también se ha codificado con nivel N2 tanto la justificación como la conclusión.

Consideraciones finales

El presente trabajo muestra una hipótesis de progresión para evaluar la capacidad de argumentación científica (Henderson et al., 2018) utilizando el consumo de agua embotellada como contexto de la vida cotidiana (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011). Esta hipótesis se formula en términos de la familiaridad de los conocimientos y la procedencia de las pruebas implicados en las actividades de argumentación. Para poner a prueba dicha hipótesis se ha desarrollado, a partir de los datos obtenidos con un grupo de tercero de ESO, un procedimiento de evaluación que implica el desarrollo de rúbricas específicas para cada una de las actividades de evaluación utilizadas siguiendo las pautas—descritas en Cebrián-Robles et al. (2018). Se acompaña de ejemplos de respuestas consideradas adecuadas y menos adecuadas, y se describe cómo se ha realizado la evaluación siguiendo la rúbrica de la figura 3.

Queda pendiente la validación de esta hipótesis a partir de los datos empíricos obtenidos con los estudiantes que participaron en la propuesta didáctica, así como con otras muestras de estudiantes de distintos niveles de formación científica.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto I+D de Excelencia "Desarrollo de competencias en problemas de la vida diaria mediante prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en enseñanza secundaria y universitaria" (CPAIM) (EDU2017-82197-P) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en 2017.

Referencias bibliográficas

- Blanco-López, Á., España-Ramos, E., González-García, F. J., y Franco-Mariscal, A. J. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164-198.
- Cebrián-Robles, D., Franco-Mariscal, A. J., y Blanco-López, Á. (2018). Preservice Elementary Science Teachers' Argumentation Competence: Impact of a Training Programme. *Instructional Science*, (Online first), 1-29.
- Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G., y Gray, D. (2006). From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. *Science Education*, 90(2), 227-252.
- España-Ramos, E., y Prieto-Ruz, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, (71), 17-24.
- Ferrier, C. (2001). Bottled Water: Understanding a Social Phenomenon. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(2), 118-119.
- Gleick, P. H., y Cooley, H. S. (2009). Energy implications of bottled water. *Environmental Research Letters: ERL [Web Site]*, 4(1), 014009.
- Henderson, J. B., McNeill, K. L., González-Howard, M., Close, K., y Evans, M. (2018). Key challenges and future directions for educational research on scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(1), 5-18.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Barcelona: Graó.
- Klein, N. (2015). *Esto lo cambia todo: el capitalismo contra el clima*. Madrid: Paidós.

- OECD. (2012). *OECD environmental outlook to 2050: the consequences of inaction*. Paris: OECD publishing.
- Piasentin, F. B., y Roberts, L. (2017). What elements in a sustainability course contribute to paradigm change and action competence? A study at Lincoln University, New Zealand. *Environmental Education Research*, 24(5), 694-715.
- Ratcliffe, M., y Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: McGraw-Hill Education.
- Rodríguez-Mora, F., y Blanco-López, Á. (2012). Ideas y creencias de alumnos de educación secundaria sobre la presencia de cal en el agua de bebida. En G. Pinto y M. Martín (Eds.), *Enseñanza y divulgación de la química y la física* (pp. 197-204). Madrid: Garceta Grupo Editorial.
- Rodríguez-Mora, F., y Blanco-López, A. (2015). ¿Por qué bebemos agua embotellada? Una propuesta para la enseñanza de la Física y Química en 3º de ESO. En A. Blanco y T. Lupión (Eds.), *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas* (pp. 205-244). Santiago de Compostela: Andavira editora.
- Rodríguez-Mora, F., y Blanco-López, Á. (2016). Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300.
- Royte, E. (2008). *Bottlemania. How water went on sale and why we bought it*. New York: Bloomsbury.
- Sanmartí, N., Burgoa, B., y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, (67), 62-69.
- Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. In S. Erduran (Ed.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 179–199). Dordrecht: Springer.
- Siribunnam, S., Nuangchalerm, P., y Jansawang, N. (2014). Socio-Scientific Decision Making in the Science Classroom. *Online Submission*, 5(4), 1777-1782.
- Steffen, W., y Stafford Smith, M. (2013). Planetary boundaries, equity and global sustainability: why wealthy countries could benefit from more equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3), 403-408.
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument* (2003rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.