



Problemáticas ambientales en las que confluyen ciclos biogeoquímicos. Propuesta para la educación secundaria

Mercedes Jaén, Patricia Esteve e Isabel Baños González

Departamento Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Murcia, España

[Recibido el 4 de noviembre de 2017, aceptado el 8 de enero de 2018]

El estudio de las problemáticas ambientales actuales necesita enfoques globalizadores que permita interrelacionar las dinámicas existentes en la naturaleza, poniendo un especial énfasis en los efectos que tienen sobre ellas algunas actividades humanas. En este sentido, se plantea una propuesta didáctica dirigida a 4º ESO orientada a estudiar los problemas de eutrofización y pérdida de biodiversidad que tiene actualmente el Mar Menor (SE España), y su relación con algunas actividades como el turismo y la agricultura. Mediante la estrategia de planteamiento y resolución de problemas, el alumnado puede identificar los efectos de ciertas actividades humanas sobre los ciclos biogeoquímicos y analizar la generación de algunas problemáticas de tipo socioambiental. Además nos permitirá valorar la sostenibilidad de nuestro estilo de vida mediante la participación y reflexión ciudadana.

Palabras clave: Educación Secundaria; ciclos biogeoquímicos; problema ambiental; actividades.

Environmental problems in which biogeochemical cycles converge. Proposal for secondary education.

The study of current environmental problems needs globalizing approaches which allow the interrelation of the existing dynamics in nature, placing special emphasis on the effects that some human activities have on them. In this sense, a didactic proposal addressed to 4th year of Compulsory Education has been developed in order to study the problems of eutrophication and loss of biodiversity that the Mar Menor lagoon (SE Spain) currently has, and its relationship with some activities such as tourism and agriculture. By means of problem-solving strategy, students may identify the effects of certain human activities on the biogeochemical cycles and analyse the generation of some socio-environmental problems. This proposal will also allow the assessment of the sustainability of our lifestyle through citizen participation and reflection.

Keywords: Secondary Education; biogeochemical cycles; environmental problem; activities.

Introducción

A pesar de las evidencias científicas sobre los efectos en las dinámicas de la naturaleza de algunas actividades humanas directamente relacionadas con nuestro modelo social, la mayor parte de la población vive de espaldas a estas problemáticas, confiando en el espejismo del crecimiento constante y la todopoderosa tecnología (Herrero, Cembranos y Pascual, 2011).

La persistencia de numerosas problemáticas socioambientales, con efectos a distinta escala y consecuencias que probablemente se agravarán en el futuro, nos debería hacer reflexionar sobre las dificultades reales de lograr una formación ciudadana que se cuestione nuestro modelo de desarrollo. De ello se deriva la necesidad de superar unos planteamientos educativos basados únicamente en la información sobre los problemas ambientales hacia otros que desarrollen el pensamiento crítico sobre la realidad y promuevan participar activamente y tomar decisiones ante escenarios reales de conflicto ambiental (Vilches y Gil, 2007).

Será esencial que las propuestas educativas para abordar estas temáticas se proyecten desde enfoques globalizadores que permitan relacionar los diferentes procesos que intervienen, haciendo especial énfasis en los efectos de las diferentes actividades humanas. Además, se deben plantear a partir de situaciones reales que incrementen el interés y permitan a los estudiantes relacionar los problemas de su entorno con nuestras prácticas habituales.

Por otra parte, el estudio del papel de los ciclos biogeoquímicos en la dinámica de los ecosistemas es de especial relevancia para conocer el funcionamiento global del planeta, y mostrar la realidad compleja y dinámica en la que vivimos, al vincularse directamente con los procesos de intercambio de materia y energía en la naturaleza, al mismo tiempo que nos permite reconocer su alteración por acciones antrópicas (Esteve y Jaén, 2013).

Una de las principales dificultades del uso de modelos teóricos que describen ciclos, es la complejidad de percibir una realidad dinámica en la que se producen cambios continuos que afectan a numerosos factores. La comprensión de las relaciones que se dan en la interfase biosfera/atmósfera/geosfera/hidrosfera tiene unos requerimientos cognitivos indudables, asociados a la necesidad de desarrollar un pensamiento sistémico y dinámico, que permita superar una visión estática y fragmentada de las interacciones producidas en dicha interfase (Ben-Zvi Assaraf y Orion, 2005; McNeal, Libarkin, Ledley, Bardar, Haddad, Ellins y Dutta, 2014). En este contexto, puede ser de gran importancia incluir al ser humano como elemento significativo. Este enfoque ayudará a incrementar la capacidad crítica de los ciudadanos, tan necesaria para lograr posicionamientos responsables ante los problemas actuales (Pereiro y Jiménez, 2001).

Otro aspecto a considerar es que la mayoría de los alumnos explican la dinámica de los ecosistemas mediante unos modelos mentales sencillos en los que establecen escasas relaciones entre los distintos componentes del ecosistema, especialmente con los componentes abióticos, y no consideran el papel de los seres humanos en las dinámicas naturales (Bravo y Jiménez Aleixandre, 2014). El enfoque de estos contenidos desde las ideas de dinamismo e interrelación puede ayudar a interpretar relaciones multifactoriales e interdependientes y superar la idea de ciclo como una secuencia lineal de fenómenos rígida y cerrada, independiente del contexto en el que tienen lugar (Maldonado, González y Jiménez, 2007).

Por todo ello, se plantea una propuesta educativa para el estudio de las problemáticas ambientales que actualmente afectan al Mar Menor, desde el punto de vista de las causas, consecuencias y posibles soluciones. Consideramos que su situación actual representa un ejemplo extraordinario en el que se combinan diversos conflictos de intereses vinculados a los modelos de producción y distribución de alimentos, así como al desarrollo urbano y turístico de las últimas décadas.

Los problemas ambientales desde los ciclos biogeoquímicos: situación actual del Mar Menor

Si consideramos que las dinámicas establecidas entre los elementos químicos carbono, oxígeno, nitrógeno y fósforo (C, O, N y P) mediante ciclos biogeoquímicos globales ha regulado los procesos de renovación e intercambio en los distintos subsistemas terrestres, tendremos que constatar que, en las últimas décadas, la presión de las actividades humanas sobre estos sistemas ha supuesto una modificación de los ciclos, generando numerosos problemas socioambientales.

El escenario actual del Mar Menor, un espacio natural protegido de la región de Murcia, constituye un ejemplo excelente para estudiar diferentes procesos de contaminación difusa que ponen de manifiesto la relación entre la eutrofización y otros problemas ambientales con determinadas prácticas productivas. Además, permite indagar sobre una situación real de controversia social relevante en la que los argumentos y respuestas tienen componentes científicos, económicos, políticos y éticos (Sadler, 2004).

Los problemas ambientales que afectan actualmente al Mar Menor son principalmente la eutrofización y la pérdida de biodiversidad, los cuales están directamente relacionados con actividades agrícolas y urbano-turísticas que han desencadenado una serie de alteraciones del ecosistema original (Cuadro 1).

La eutrofización de las masas de agua está muy relacionada con las actividades agrícolas intensivas. El empobrecimiento de los suelos hace necesario el aporte artificial de compuestos derivados del nitrógeno y el fósforo. Grandes cantidades de dichos compuestos, que la planta no puede absorber, lixivian a través de los horizontes edáficos. Mediante la escorrentía, tanto superficial como subterránea, estos elementos, junto con otros vertidos residuales urbanos, son arrastrados hacia la cuenca del Mar Menor, relativamente alejada de los campos de cultivo (entre 15 y 20 km).

La entrada de nutrientes derivados del N y el P en la laguna interfiere en los ciclos del C y el O del sistema, pues desencadena un incremento en la biomasa de productores primarios, aumentando la turbidez y las tasas de respiración de los organismos heterótrofos. Si esta situación se mantiene, se generará una gran cantidad de materia orgánica, cuya degradación microbiana contribuirá a la hipoxia del agua, produciendo sustancias como metano y amoníaco.

La degradación y pérdida de biodiversidad han sido las consecuencias inmediatas del proceso de eutrofización, incluyendo interferencias en las relaciones tróficas y los flujos de energía. En el caso del Mar Menor, estas alteraciones, en un primer momento, supusieron la presencia masiva de medusas que, durante décadas contuvo la explosión del fitoplancton (León y Bellido, 2016). Sin embargo, en la fase reciente de eutrofización crónica, el boom de microalgas ha llevado a la desaparición de casi la totalidad de las praderas marinas y a una reducción del oxígeno disponible en el agua. Otros impactos en las comunidades biológicas han sido la pérdida de especies protegidas, entre las que destaca el caballito de mar.

A estas alteraciones del ecosistema lagunar han contribuido también otras acciones humanas, como la apertura artificial de la conexión con el Mediterráneo, que ha facilitado, al mismo tiempo que los barcos, la entrada de especies alóctonas invasoras, cuya dispersión se ha visto favorecida por la entrada de nutrientes.

Actualmente, esta situación ha derivado en un conflicto de intereses entre las actividades turísticas y las agrícolas, lo que podría favorecer el reconocimiento por parte de los estudiantes de la necesidad de actuar y la complejidad de alcanzar acuerdos. Además, el interés de abordar la evolución de la laguna puede extenderse más allá de las aulas de la Región de Murcia, pues las condiciones de este ecosistema anticipan los efectos que ahora se generalizan en el Mediterráneo y permite un análisis de los desafíos ambientales, sociales y económicos que implican. Por tanto, este contexto conflictivo puede permitir el desarrollo de habilidades clave para la toma de decisiones como la argumentación, la modelización y la justificación (Jiménez-Aleixandre, 2010).

PROBLEMAS AMBIENTALES	ALTERACIONES	ACCIONES	CICLOS
EUTROFIZACIÓN	Entrada masiva de nutrientes derivados de N y P en el agua.	Uso de fertilizantes en la agricultura intensiva del entorno.	
	Crecimiento incontrolado de fitoplancton.	Vertido de aguas residuales urbanas sin depurar en época estival.	
	Cambios físicoquímicos del agua.	Modificación del recorrido de las ramblas, desconectándolas de humedales litorales.	
	Pérdida de la capacidad del Mar Menor como sumidero de CO ₂ .	Cambios de uso del suelo en el entorno del Mar Menor.	
DEGRADACIÓN Y PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD	Alteración de la cadena trófica (presencia masiva de plancton gelatinoso).	Acciones relacionadas con la eutrofización del agua.	C, O, N y P
	<i>Mediterrización</i> , con entrada de especies alóctonas invasoras.	Conexión artificial del Mar Menor con el Mediterráneo.	
	Desaparición del 85% de las praderas marinas.	Masificación de playas en época estival.	
	Pérdida de poblaciones animales, incluyendo especies protegidas y piscícolas.	Construcción de espigones, dragados y regeneración de playas.	
	Alteración de la dinámica de algunas poblaciones.	Modelo de desarrollo urbano-turístico del litoral mediterráneo.	

Cuadro 1. Problemáticas ambientales relacionadas con los ciclos biogeoquímicos en el Mar Menor

Contexto de la propuesta

En primer lugar, en el currículum oficial actual (MECD, 2015), los ciclos biogeoquímicos se presentan como contenidos básicos asociados a las problemáticas ambientales y la gestión sostenible en el Bloque 3, “Ecología y Medio Ambiente” de 4º de ESO de Biología Geología. Pero es en los Estándares de aprendizaje de este bloque donde -en teoría- se definen los aprendizajes que deben adquirir los estudiantes sobre las consecuencias de nuestras actividades en la degradación de los ecosistemas:

- 6.1. Compara las consecuencias prácticas en la gestión sostenible de algunos recursos por parte del ser humano, valorando críticamente su importancia.
- 8.1. Argumenta sobre las actuaciones humanas que tienen una influencia negativa sobre los ecosistemas: contaminación, desertización, agotamiento de recursos,...
- 8.2. Defiende y concluye sobre posibles actuaciones para la mejora del medio ambiente.

Por otra parte, en los libros de texto, los problemas ambientales se plantean de modo

general, obviando las importantes relaciones e interdependencias existentes entre ellos. Este constituye un enfoque alejado de situaciones cercanas y reales que dificulta la posibilidad de comprender la complejidad de los procesos que intervienen y sus conexiones causales. Tampoco favorecen la concienciación sobre el papel de algunas actividades en la generación de estos problemas y su posterior repercusión sobre nuestra vida (Montañés y Jaén, 2015).

En el diseño de la propuesta también se han tenido en cuenta las ideas de los estudiantes y algunas de las dificultades de aprendizaje de estos contenidos. En este sentido, el alumnado tiende a percibir los procesos de intercambio en el ecosistema como unidireccionales e independientes del contexto, lo que supone un obstáculo para conectar los componentes bióticos y abióticos del ecosistema y construir las relaciones complejas y multifactoriales que se producen en la dinámica de los procesos naturales (Mohan, Chen y Anderson, 2009).

Además, persisten en una visión estática de estos procesos, alejada del dinamismo y capacidad de resiliencia que les caracteriza. Esta visión condiciona la comprensión de los ciclos biogeoquímicos, que son entendidos como una sucesión controlada de fenómenos, sin variación en el tiempo y ajenos a las circunstancias en las que transcurren (Shepardson, Wee, Priddy y Harbor, 2007).

En lo que afecta a nuestra propuesta, es importante tener en cuenta que generalmente no consideran las actuaciones humanas en las alteraciones de los ciclos, solo consideran las emisiones generadas por la actividad industrial, y esto dificulta el reconocimiento de problemas asociados a otro tipo de actividades y el papel de la participación ciudadana en su solución (Lombardi y Sinatra, 2012).

Desde la consideración de todo lo anterior, se han establecido en la propuesta los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Analizar las consecuencias de las interferencias entre los ciclos del C, O, N y P en una problemática ambiental cercana y real.
- Evaluar las actividades humanas, especialmente los cambios de uso del suelo y la agricultura intensiva, que influyen en la alteración de los ciclos biogeoquímicos y reconocer las consecuencias ambientales y sociales que implican.
- Identificar los conflictos de intereses que subyacen en algunas situaciones y la complejidad de su resolución.
- Asumir responsabilidades colectivas y valorar los cambios necesarios para contribuir a la resolución de los problemas.

La propuesta contempla su desarrollo mediante el planteamiento y resolución de problemas según las fases y los objetivos establecidos en el modelo de Aramburu (2000) (Fig. 1).

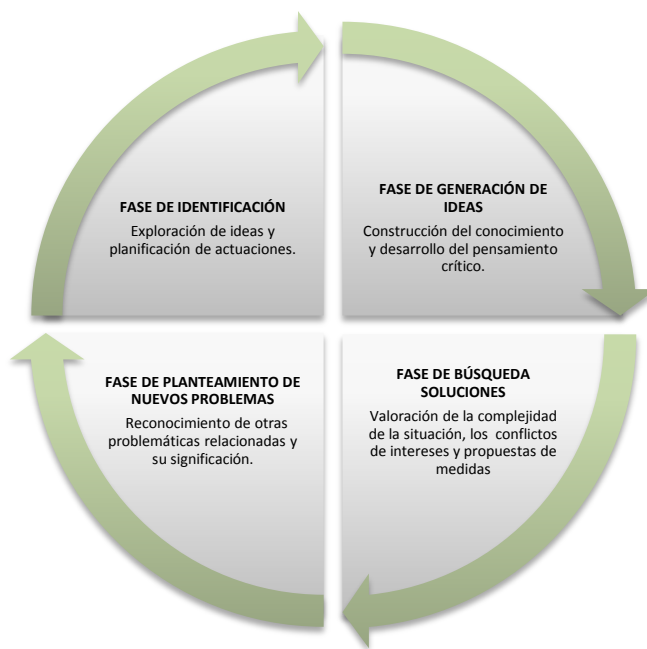


Figura 1. Fases y objetivos del problema

Descripción de la propuesta

Se trata de una propuesta flexible que parte del planteamiento de un problema en el que se utiliza una noticia real sobre complicaciones en la salud de algunos alumnos después de una visita al Mar Menor (Fig. 2). Ante este supuesto, los estudiantes responden a las cuestiones planteadas con objeto de “identificar el problema” explorando sus ideas acerca de las causas, posibles consecuencias y proponiendo actuaciones relacionadas con la situación actual del Mar Menor.

Esta mañana los alumnos se han encontrado con este cartel en el tablón de anuncios. La salida para hacer actividades acuáticas que habían planificado en el Mar Menor, se ha suspendido ante una noticia de última hora.

AVISO AL ALUMNADO

Queda suspendida la salida al Mar Menor tras conocerse la siguiente noticia

La Opinión DE MURCIA

Treinta niños de un colegio de Jumilla, con urticaria tras bañarse en el Mar Menor

Los profesores tuvieron que llamar al 112 cuando los niños empezaron a tener picores - Medio Ambiente asegura que las aguas eran aptas para el baño y que las algas no son tóxicas

Surf, kayak, buceo y vóley playa eran algunas de las actividades que iban a realizar e incluso tenían organizadas desde hace semanas competiciones entre cursos. ¿Es esta noticia suficiente para suspender la actividad? ¿Qué está ocurriendo en el Mar Menor? ¿Qué ha pasado en sus aguas? ¿Qué necesitarías conocer para ayudar a estos compañeros a responder sus preguntas?

Figura 2. Enunciado del problema

En la fase de “Generación de ideas” hemos de tener en cuenta lo propuesto por los estudiantes en la fase anterior. Así, hemos de planificar previamente diferentes actividades y tareas con datos reales que les permitan analizar la situación de forma fiable y establecer relaciones significativas entre las causas del problema, los cambios en los ciclos y sus consecuencias. Es importante tener presentes los objetivos de enseñanza establecidos, para que la autonomía de los del alumnado al elegir distintos modos de abordar el problema no suponga diferencias entre los aprendizajes de los distintos grupos y el resultado final sea compartido por todos. Algunas de las actividades y tareas en las que se podrían implicar los estudiantes son las siguientes:

“Mar Menor a vista de pájaro” Está basada en la utilización de un mapa tridimensional de toda la zona, en el que se observa de forma evidente la magnitud de los campos de cultivos existentes en la cuenca del Mar Menor y la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas que vierten en la laguna. Esta actividad puede ayudar a valorar la movilización de los compuestos de N y P desde lugares alejados.

“Millares de melones, millares de lechugas” Mediante un breve informe sobre la inversión, producción y beneficios de una empresa agrícola, se proporciona al alumnado datos sobre los insumos de fertilizantes empleados para la producción intensiva y las características de la zona para que puedan extraer conclusiones acerca del alcance de las prácticas agrícolas sobre la llegada de compuestos de N y P al suelo y a las masas de agua y su influencia en la fijación del C y en la producción de O de los cultivos. De este modo, podrán identificar procesos de intercambio de estos elementos entre litosfera e hidrosfera, escasamente considerados, y su dependencia del contexto en el que tienen lugar.

“¿Desde el apartamento a la playa?” También pueden incluirse otras fuentes de entrada de nutrientes a la laguna, como los aliviaderos en los que las depuradoras vierten aguas sin tratar cuando quedan saturadas en la época estival. Esto permite vincular el modelo urbanístico de nuestro litoral con su repercusión sobre el ciclo del N.

“En noticia” Esta actividad ofrece a los alumnos todo un conjunto de noticias reales (Fig. 3) que deben tratar de ordenar según la evolución del Mar Menor a consecuencia de la entrada de fosfatos y nitratos. Deben reconocer cómo estos nutrientes han supuesto la actual eutrofización de la laguna, alterando los ciclos de C y muy especialmente del O, cuyo efecto estuvo mitigado por la presencia masiva de medusas en los últimos años.

“Ciclos de cambio” Se diseña una práctica de laboratorio en la que los estudiantes, organizados en grupos, utilizan diferentes acuarios para valorar los efectos de la entrada de nutrientes en el sistema y la influencia de distintos factores físicos, químicos e incluso biológicos. Para ello, los alumnos formulan sus hipótesis considerando diferentes concentraciones de fertilizante y otros factores como el periodo de renovación del agua, la presencia o no de organismos filtradores (pulga de agua) o la temperatura del agua. Seleccionadas sus variables, diseñan su investigación tomando registros de DBO₅, el Ph y el grado de turbidez. Se espera que puedan establecer relaciones multifactoriales entre los componentes bióticos y abióticos del mismo, aproximándose a la visión científica de la dinámica de los fenómenos naturales.



Figura 3. Materiales de la actividad “En noticia”

En la última parte de esta fase, puede ser interesante que los estudiantes comuniquen sus resultados y conclusiones mediante una exposición o un informe compartido con el resto. En cualquier caso, será importante promover una reflexión en la que contrasten sus ideas iniciales con las alcanzadas tras el desarrollo de estas actividades.

En la fase de “Búsqueda de soluciones”, el objetivo esencial es la constatación, por el alumnado, de los conflictos de intereses que subyacen a la problemática y la dificultad de encontrar soluciones sin perjuicio a terceros. Para ello es esencial utilizar en las actividades datos y situaciones reales que les permitan tomar decisiones ajustadas al contexto. Algunas de estas podrían ser las siguientes:

“¿Ingenio o Ingeniería?” Su principal propósito es contraponer para su análisis dos iniciativas de diferentes colectivos: instalar más depuradoras o aprovechar el potencial depurador de los humedales existentes en el Mar Menor. Para ello han de contrastar datos sobre efectividad, coste, contaminación, etc. (Fig. 4).



Figura 4. Materiales de la actividad “Ingenio o Ingeniería”

“Lechugas o tumbonas” Es una actividad centrada en los aspectos socioeconómicos de

las actividades turísticas y agrícolas. Los estudiantes pueden analizar los datos de inversión y empleo, desde el punto de vista de los costes y beneficios medioambientales y sociales.

“Salvemos el Mar Menor” Se propone la realización de un juego de simulación, en el que cada grupo de alumnos representa un agente social implicado de forma directa en el conflicto: administración regional, científicos, agricultores, vecinos, etc. El objetivo final es que alcancen un acuerdo sobre las estrategias de actuación.

Tras la defensa y el debate de las diferentes posturas, orientado a un consenso sobre las posibles fórmulas de intervención, se debe promover una reflexión sobre la dificultad del proceso. Al final, de forma individual, el alumnado evaluará el procedimiento seguido planteando posibles escenarios de futuro.

En la fase final de “Planteamiento de nuevos problemas” los estudiantes tendrán que identificar, con ayuda del profesor, otras situaciones problemáticas en las que se produzcan procesos de eutrofización y pérdida de biodiversidad asociados a determinadas prácticas productivas industriales o de otro tipo.

El nivel de logro de los objetivos de aprendizaje se evaluará según las competencias demostradas por los estudiantes en la resolución de las tareas correspondientes a cada una de las fases del problema, valorando especialmente la calidad de sus discursos en la búsqueda de soluciones a un problema complejo en el que tienen un importante papel las actividades humanas.

La puesta en práctica de la propuesta en las aulas permitirá evaluar su efectividad para promover que los estudiantes identifiquen la eutrofización del Mar Menor como una problemática derivada de la alteración de los ciclos biogeoquímicos por el modelo de desarrollo de la zona, y reconozcan el reto que supone implementar medidas de solución.

Referencias bibliográficas

- Aramburu, F. (2000). *Medio Ambiente y Educación*. Madrid: Editorial Síntesis Educación.
- Esteve, P. y Jaén, M. (2013). El papel de los ciclos biogeoquímicos en el estudio de los problemas ambientales en Educación Secundaria. *Investigación en la escuela*, 80, 77-88.
- Bravo, B. y Jiménez-Aleixandre, M.P. (2014). Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 425-442.
- Herrero, Y., Cembranos, F. y Pascual, M. (Coords.) (2011) *Cambiar las gafas para mirar el mundo. Una nueva cultura de la sostenibilidad*. Madrid: Libros en Acción.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Graó.
- León, V.M. y Bellido, J.M. (2016). *Mar Menor: una laguna singular y sensible. Evaluación científica de su estado*. Recuperado de: <http://www.repositorio.ieo.es/e-ieo/handle/10508/10770>
- Lombardi, D. y Sinatra, G.M. (2012). College students' perceptions about the plausibility of human-induced climate change. *Research in Science Education* 42, 201-217.

- McNeal, K.S., Libarkin, J.C., Ledley, T.S., Bardar, E., Haddad, N., Ellins, K. y Dutta, S. (2014). The Role of Research in Online Curriculum Development: The Case of EarthLabs Climate Change and Earth System Modules. *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 560-577.
- Maldonado, F., González, F. y Jiménez, M.P. (2007). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y el nitrógeno en los textos de secundaria. *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 442-460.
- MECD [Ministerio de Educación, Cultura y Deporte] (2015). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE nº 3, de 3 de enero de 2015, páginas 169 a 546.
- Mohan, L., Chen, J. y Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of research in science teaching*, 46(6), 675-698.
- Montañés, S. y Jaén, M. (2015). ¿Qué características presentan los contenidos relacionados con las problemáticas ambientales propuestos en los libros de texto de 3º de la eso?. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1).
- Pereiro, C. y Jiménez, M.P. (2001) Argumentación sobre gestión ambiental en el Bachillerato. Actas VI Congreso de Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 2, 67-68.
- Sadler, T.D., Chambers, F.W. y Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. y Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in science teaching*, 44(2), 327-348.
- Vilches, A. y Gil, D. (2007). Emergencia planetaria: necesidad de un planteamiento global. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 7 (25), 19 -50.