Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud

Antonio Joaquín Franco-Mariscal[1,2,a], Ángel Blanco-López[1,b] y Enrique España-Ramos[1,c]

[1]*Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga. Málaga. España.*
[2]*IES Juan Ramón Jiménez. Málaga. España.*
[a]*antoniojoaquin.franco@uma.es*, [b] *ablancol@uma.es* y [c]*enrienri@uma.es*

[Recibido en enero de 2016, aceptado en septiembre de 2016]

Este artículo se centra en el diseño de actividades de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas. En primer lugar se analiza el concepto de competencias científicas y se resalta la necesidad de diseñar de manera muy cuidadosa las actividades de enseñanza-aprendizaje que se planteen con la finalidad de promover su desarrollo por parte de los estudiantes. A continuación, se analiza el marco de la evaluación en ciencias de PISA, identificando los aspectos que pueden ayudar al diseño de las actividades de aprendizaje y utilizándolos en el contexto de una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Finalmente, se plantean algunas consideraciones sobre la importancia de estos aspectos y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: Educación secundaria obligatoria, competencias científicas, PISA, diseño de la enseñanza, actividades de enseñanza-aprendizaje.

Design of activities for the development of scientific competences. Using the PISA framework in a context related to health

This paper focuses on the design of teaching-learning activities for the development of the scientific competence. First, the scientific competences concept is analyzed, emphasizing the need to design teaching and learning activities in a careful way in order to promote their development in the students. Secondly, PISA assessment framework in science is discussed, identifying the aspects that could contribute to improving the teaching of science and using them in the teaching context on oral health. Finally, some considerations about the importance of these aspects and their implications for science education are made.

Keywords: Secondary compulsory education, scientific competences, PISA, teaching design, teaching-learning tasks.

Para citar este artículo: Franco-Mariscal, A.J., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 38-53. Recuperado de: http://hdl.handle.net/10498/18845

Introducción

El marco de las competencias constituye un paradigma emergente que está siendo usado en la actualidad para alumbrar cambios en los distintos niveles educativos. Los currículos actuales de la Educación Primaria y Secundaria en España (MEC, 2015) plantean, tomando como referente las propuestas realizadas en los últimos años por la OCDE (2013) y la Unión Europea (UE, 2007), una orientación de la enseñanza hacia el desarrollo de competencias clave, incluyendo entre ellas una de carácter científico, denominada Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

Las competencias científicas han sido analizada profusamente en la bibliografía sobre enseñanza de las ciencias en nuestro país (Cañas, Martín-Díaz y Nieda, 2007; Pro, 2007, 2011;

Sanmartí, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2010; Cañal 2011, 2012, Pedrinaci, Caamaño, Cañal y Pro, 2012). De estos estudios se desprende que llevar a la práctica educativa el desarrollo de competencias supone cambios importantes, en los que influyen numerosos factores. Éstos están relacionados con el propio concepto de competencia científica, con los cambios y modificaciones en los currículos y en los modelos didácticos, con el contenido y la orientación de los materiales de desarrollo curricular, con la selección y la formación inicial y permanente del profesorado, con la dedicación lectiva a la enseñanza de las ciencias, con la organización de los centros, etc.

Desde la perspectiva concreta del desarrollo curricular, se han planteado diversos aspectos como posibles obstáculos: su definición y caracterización en los currículos, la falta de integración de las competencias con los demás elementos curriculares (Zabala, 2009), y la ausencia de secuenciación para su tratamiento en los diversos niveles educativos (Zabala y Arnau 2007; Pro y Rodríguez, 2010). A todo esto hay que unir las diferentes formulaciones de las competencias científicas que han ido apareciendo en los currículos (MEC, 2007, 2015), en los programas de evaluación de diagnósticos (nacional y autonómico) y en el Programa Internacional de Evaluación de los estudiantes PISA (OCDE, 2013), y la ausencia, en los primeros años, de propuestas didácticas que ejemplificaran cómo trabajar en el aula el desarrollo de competencias (Pro, 2007). Sobre esta última cuestión se puede decir que, actualmente, la situación ha mejorado sensiblemente y existen un buen número de propuestas concretas de cómo trabajar las competencias científicas en las aulas, abordando de forma simultánea varias de ellas (Blanco y Lupión, 2015) o centrándose en algunas en concreto, como puede ser el caso de la argumentación (Blanco-Anaya y Díaz de Bustamante, 2014; Puig, Bravo y Jiménez-Aleixandre, 2012), las investigaciones escolares (Franco-Mariscal, 2015) y la modelización (Oliva, Aragón y Cuesta, 2015).

No obstante, consideramos que es necesario continuar profundizando en el desarrollo de propuestas didácticas y, más concretamente, en cómo seleccionar y diseñar actividades de enseñanza-aprendizaje que constituyan buenas oportunidades para el desarrollo de competencias. Entendiendo que las buenas oportunidades de aprendizaje son el producto no solo del diseño sino también del apoyo pedagógico que se realiza durante el desarrollo de las actividades en el aula (Kang, Windschitl, Stroupe y Thompson, 2016).

Construir y planificar secuencias didácticas para enseñar ciencias implica, entre otros aspectos, seleccionar cuidadosamente las actividades de enseñanza-aprendizaje que se consideran más adecuadas para las finalidades que un enseñante se propone (Sanmartí, 2002). Este aspecto es importante porque las actividades constituyen el conjunto de acciones que se llevan a cabo en el marco escolar con la finalidad de promover el aprendizaje del alumnado. En este sentido, pueden considerarse como el elemento clave de las prácticas en las aulas (Kang *et al.*, 2016). Según Sanmartí (2002), aunque generalmente no suelen atribuirse los malos resultados de los estudiantes a una mala selección y planificación de las actividades, es a través de ellas como los alumnos aprenden. Desde esta perspectiva, la calidad de la enseñanza no se evalúa solo por la definición de contenidos y objetivos, sino por aquello que se hace en el aula (Pro, 1999; Sanmartí, 2000). De ahí la importancia de una buena gestión de las actividades para que los estudiantes se impliquen activamente en su resolución (Sanmartí, 2002). Diseñar buenas oportunidades de aprendizaje constituye una competencia docente (Perrenoud, 2007) clave para ayudar a los estudiantes a desarrollar sus competencias científicas.

Kang *et al.* (2016) consideran que existen, al menos, tres tipos de tareas realizadas por los profesores que ayudan a desarrollar buenas oportunidades de aprendizaje para grupos concretos de estudiantes: a) seleccionar y/o modificar las tareas de aprendizaje para una secuencia o unidad didáctica determinada, b) proponer tareas con niveles apropiados de

complejidad en el marco de objetivos que transciendan el aprendizaje del contenido de las tareas en sí mismas, y c) proporcionar las ayudas adecuadas durante la implementación en el aula.

Aplicando estas ideas al desarrollo de competencias científicas, es necesario precisar qué competencias y qué aspectos concretos de ellas se van a poner en juego en las actividades que se diseñan y cómo se integran con las ideas científicas que los estudiantes tienen que aprender (Tekkumru-Kisa, Stein y Schunn, 2015). Esto permitiría que los docentes, al ser conscientes de ello, puedan ayudar y orientar mejor a los estudiantes en la resolución de las tareas que se plantean.

Ahora bien, la selección y el diseño de actividades de enseñanza-aprendizaje son aspectos a los que no se les ha dedicado todavía mucha atención en la investigación didáctica (Kang *et al.*, 2016). A esto hay que unir la novedad que supone para el profesorado el desarrollo de competencias.

Atendiendo a estas cuestiones, en un proyecto de investigación se están estudiando algunos aspectos del desarrollo curricular de las competencias científicas en la Educación Secundaria Obligatoria. Se pretende buscar formas de transitar desde las prescripciones y orientaciones de los currículos y desde los programas de evaluación de estudiantes al diseño de propuestas de enseñanza-aprendizaje concretas. Se ha puesto especial énfasis en la necesidad de partir de un enfoque explícito y claramente formulado sobre cómo entender las competencias científicas y de vincular las tareas y actividades de enseñanza y aprendizaje con dicho enfoque.

Con respecto a la elección de un enfoque de las competencias científicas de utilidad para la enseñanza, anteriormente se han comentado los problemas surgidos de la caracterización de estas competencias en los currículos españoles de la LOE. Ello nos llevó en un trabajo anterior (Franco-Mariscal, Blanco y España, 2014) a centrarnos en otros planteamientos que pudieran ser más adecuados y de mayor utilidad para el profesorado, como puede ser el enfoque propuesto por Pedrinaci y Cañal (Pedrinaci *et al.*, 2012; Cañal, 2012).

En el presente estudio se analiza la utilidad del marco de la evaluación en ciencias de PISA para estos propósitos. Se identifican los aspectos que pueden contribuir a la mejora de la enseñanza de las ciencias y, a continuación, se aportan ejemplos de cómo pueden ayudar al diseño de las actividades de aprendizaje en el contexto de una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Finalmente, se plantean algunas consideraciones sobre la importancia de estos aspectos y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias.

El marco de la evaluación en ciencias en PISA 2015

La evaluación PISA llevada a cabo por la OCDE (2007) se basa en el análisis del rendimiento de los estudiantes de 15 años de distintos países a partir de unas pruebas estandarizadas de evaluación que se realizan cada tres años con el fin de determinar la valoración internacional de los alumnos.

PISA, ha sido, es y, probablemente seguirá siendo, objeto de gran atención mediática, de críticas (Sanmartí y Sardà, 2007; Yus *et al.*, 2013) y de controversias[1], desde el punto de vista social y desde la investigación educativa. Éstas surgen, fundamentalmente, con respecto al alcance y relevancia de los aspectos que PISA evalúa, la validez de dichas evaluaciones (Goldstein, 2004; Drechsel, Carstensen y Prenzel, 2011), especialmente por tratarse de un

[1] Una de las controversias con respecto a PISA puede consultarse en: The Guardian (2014). OECD and Pisa tests are damaging education worldwide – academics. 6 de Mayo. Recuperado de: http://www.theguardian.com/education/2014/may/06/oecd-pisa-tests-damaging-education-academics, en la que 80 expertos internacionales critican el proyecto PISA (Consulta: 21/09/16)

análisis meramente cuantitativo y la tendencia a trabajar con tests, o al valor que se pretende dar a sus resultados (Lau, 2009). Especialmente lo que más suele trascender a la opinión pública es el ranking entre países y/o regiones y las diversas opiniones sobre las conclusiones que se pueden extraer de dichos rankings para evaluar a los sistemas educativos (Carabaña, 2008).

Sin obviar las críticas anteriores, diversos autores también han apuntado la importancia que el enfoque de PISA en ciencias puede tener para mejorar la comprensión de la enseñanza-aprendizaje en general (Hernández, 2006) y de las ciencias en particular (Bybee, 1997; Fensham, 2007; Gil y Vilches, 2006, Bybee, McCrae y Laurie, 2009, Vilches y Gil, 2010; Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015). En concreto, Gil y Vilches (2006) indicaron que PISA podría ser de mayor utilidad para el profesorado si se le diera una aplicación a la enseñanza. Hasta el momento se han planteado pocas propuestas sobre cómo utilizar la evaluación PISA para la enseñanza de las ciencias (Couso, 2009) y en las existentes pueden distinguirse planteamientos muy diversos, desde la mera utilización de las pruebas liberadas de PISA como actividades de enseñanza (Welsh Government, 2012) o de evaluación (Rubio, 2008) hasta otros más integrados en los que se utilizan como marco para el diseño de secuencias de enseñanza o de unidades didácticas (Aguilar y Tapia, 2008).

Recientemente PISA ha realizado una actualización de su marco de referencia para las ciencias, que se ha aplicado en la evaluación de 2015. Esto nos ha llevado a analizar la aplicabilidad que este nuevo marco tiene para la enseñanza, en concreto para el diseño de actividades de enseñanza-aprendizaje. En PISA 2015 (OCDE, 2013), las competencias científicas evaluadas son tres: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar indagaciones científicas, e interpretar datos y evidencias científicamente. Cada una de estas competencias se pone de manifiesto mediante diversas capacidades (Tabla 1).

Aunque el eje central del esquema de la evaluación en ciencias de PISA son las competencias científicas, su desarrollo no puede hacerse aisladamente, y ésta ligado al uso integrado de conocimientos (conceptuales, procedimentales y epistémicos) y ciertas actitudes y valores, en el contexto de una situación y/o problema concreto.

Los contextos que PISA emplea se eligen atendiendo a su relevancia para los intereses y la vida de los alumnos y no se limitan a las situaciones propias del entorno escolar, sino que se presentan enmarcados en una serie de situaciones comunes de la vida real. Desde la evaluación PISA 2006, los ejercicios están centrados en situaciones relacionadas con el yo, la familia y los grupos de compañeros (personal), la comunidad (social) y la vida a escala mundial (global) en las áreas de aplicación: salud, recursos naturales, medio ambiente, riesgos y fronteras de la ciencia y la tecnología.

Respecto al contexto, Perrenoud (2012) realiza una crítica hacia PISA indicando que tiene como objetivo evaluar la eficacia y eficiencia de la enseñanza, pero no la pertinencia del currículo. Es por ello, que este programa de evaluación debería complementarse con investigaciones sobre la vida diaria, identificando las competencias que exigen las prácticas sociales y los conocimientos, habilidades y actitudes que dichas competencias movilizan. Asimismo, este autor refuerza la necesidad de «tomar distancia de lo políticamente correcto para describir los problemas y situaciones a los que realmente se enfrentan los jóvenes adultos» (p.167).

Desde nuestro punto de vista, hay varios aspectos del esquema de la evaluación en ciencias de PISA que pueden contribuir a la mejora de la enseñanza de las ciencias. En concreto:

a) La formulación precisa que incluye sobre las competencias científicas, que hace que puedan ser más fácilmente utilizadas como referente para la práctica educativa por un

profesorado que se está iniciando en el uso de las competencias.

b) La importancia que concede a los contextos de la vida diaria.

c) La integración de competencias y de conocimientos en el seno de las tareas de evaluación que plantea.

Tabla 1. Competencias científicas en PISA 2015 (OCDE, 2013).

1. Explicar fenómenos científicamente:

   Reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para un rango de fenómenos naturales y tecnológicos, demostrando la capacidad para:

   a) Recordar y aplicar el conocimiento científico de forma apropiada.

   b) Identificar, utilizar y generar modelos y representaciones explicativos.

   c) Hacer y justificar predicciones de forma apropiada.

   d) Proponer hipótesis explicativas.

   e) Explicar las potenciales implicaciones del conocimiento científico para la sociedad.

2. Evaluar y diseñar indagaciones científicas:

   Describir y valorar investigaciones científicas y proponer procedimientos científicos para dar respuestas a cuestiones, demostrando la capacidad para:

   a) Identificar la cuestión que se está investigando en un estudio científico dado.

   b) Distinguir cuestiones que sean posibles de investigar científicamente.

   c) Proponer una forma de explorar científicamente una cuestión dada.

   d) Evaluar formas de explorar científicamente una cuestión dada.

   e) Describir y evaluar un conjunto de procedimientos que los científicos usan para asegurar la fiabilidad de los datos y la objetividad y generalización de las explicaciones.

3. Interpretar datos y evidencias científicamente:

   Analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en una variedad de representaciones y extraer conclusiones científicas apropiadas, demostrando la capacidad para:

   a) Transformar los datos de una representación dada a otra.

   b) Analizar e interpretar datos y extraer conclusiones apropiadas.

   c) Identificar supuestos, pruebas y razonamientos en textos relacionados con la ciencia.

   d) Distinguir entre argumentos basados en evidencias científicas y la teoría, y aquellos basados en otras consideraciones.

   e) Evaluar argumentos científicos y evidencias de diferentes fuentes (periódicos, internet, revistas).

Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es mostrar cómo estos aspectos del enfoque de PISA 2015 (OCDE, 2013) pueden ayudar al diseño de las actividades de aprendizaje en el contexto de una unidad didáctica sobre salud bucodental. Desde nuestro punto de vista, la vinculación de las actividades con las competencias científicas puede considerarse como un aspecto clave ya que algunos estudios han sugerido que los profesores tienen dificultades para identificar algunas de las competencias planteadas en las pruebas de evaluación de PISA (Pinto y El Boudamoussi, 2009). Asimismo, el artículo se ilustra con ejemplos de diseño de actividades aplicado al contexto de la salud e higiene bucodental (Blanco, Franco-Mariscal y España, 2015).

Un esquema para diseñar la secuencia de actividades

Si los estudiantes de 15 años tienen que mostrar sus competencias científicas en situaciones y contextos relacionados con la vida diaria como demanda PISA (Fensham, 2009), parece lógico que, en la medida de lo posible, las construyan y desarrollen en estos contextos. Por tanto, el trabajo en el aula debería centrarse en el tratamiento de problemas y/o situaciones que se

consideren importantes para la ciudadanía hoy y, con bastante probabilidad, para un futuro a corto y medio plazo (Perronoud, 2012).

Los enfoques de enseñanza basados en el contexto (Pilot y Bulte, 2007) y Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) (Fensham, 1988) parecen especialmente adecuados para esta finalidad. Las evaluaciones de programas de enseñanza basados en estos enfoques muestran evidencias para afirmar que motivan a los alumnos a estudiar ciencias y que favorecen actitudes positivas hacia las ciencias de forma más generalizada que los enfoques centrados en la transmisión del conocimiento científico (Bennett, Hogarth y Lubben, 2003; De Jong, 2006).

Jiménez-Aleixandre (2010) plantea que el currículo debe organizarse en torno a problemas o actividades auténticos que implican fenómenos complejos que requieren aproximaciones interdisciplinares, científicas, técnicas, éticas y artísticas (Bolívar, 2010). Los problemas que se planteen deben formar parte del entorno cultural de los estudiantes para captar su atención y ponerles en situaciones de desafío, evitando lo obvio, de forma que se vean en la necesidad de buscar el conocimiento adecuado y relevante para identificarlos, entenderlos y afrontarlos (Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011). Otras características que ayudan a identificar estos problemas se refieren a que sean controvertidos, como es el caso de los problemas socio-científicos, que se asocien con ideas o creencias arraigadas en la sociedad y que se hayan identificado sobre ellos carencias o ideas erróneas en el alumnado.

En definitiva, nuestro posicionamiento supone que los problemas de la vida diaria pueden ser utilizados como contextos adecuados para trabajar las competencias científicas en el aula, siempre que cumplan los siguientes requisitos: 1) ser relevantes en la vida diaria, 2) formar parte del entorno cultural del alumnado, 3) permitir captar su interés y 4) permitir su tratamiento didáctico en el aula. Por todo ello, planteamos que los problemas procedentes de la vida diaria constituyan el eje central que guíe y estructure la secuencia de enseñanza-aprendizaje.

Algunos contextos con estos requisitos ya han sido utilizados en diferentes secuencias didácticas elaboradas en el proyecto de investigación citado (Blanco y Lupión, 2015). En cada una de estas unidades se pone al alumnado en la tesitura de tomar una decisión en el ámbito personal, relacionadas principalmente con el medio ambiente, el consumo, la alimentación o la salud.

En el diseño de actividades, es muy importante presentar los problemas en forma de pregunta, que debe ser lo más concreta y cercana al alumno, y planteada deliberadamente en el lenguaje cotidiano para que pueda entenderla claramente y captar más fácilmente su atención. Debe quedar abierta en su planteamiento a la búsqueda de respuestas y soluciones. De este modo, una secuencia didáctica podría plantearse en torno a una pregunta inicial, cuya resolución vendrá dada a través de las distintas actividades que la componen, y en la que cada una de ellas resolvería, a través de otras cuestiones más específicas, aspectos concretos del problema.

En el ámbito concreto del diseño de las actividades de aprendizaje surgen, conforme a lo indicado en los apartados anteriores, varias tareas importantes. Una de ellas es tener claro con qué capacidad/es concreta/s de las competencias científicas se pretenden vincular y hacer explícita estas relaciones. Otra tarea importante es identificar los conocimientos científicos que están implicados en las actividades y plantear cómo se integran con el desarrollo de las competencias científicas en el seno de las mismas. Es necesario también resaltar la importancia del planteamiento inicial de la tarea y de la síntesis final de la misma, de tal forma que los estudiantes estén orientados en todo momento y se les ayude a generalizar, en la medida de lo posible, los aprendizajes adquiridos en una situación y/o problema concreto. Estas tareas son importantes porque permiten, en primer lugar, ajustar su formulación y, en segundo lugar, orientar al profesorado sobre el tipo de apoyo didáctico que tiene que ofrecer a sus alumnos para ayudarles a resolver las tareas implicadas.

Ejemplos de actividades para el desarrollo de las competencias científicas de PISA

Este apartado muestra ejemplos de actividades de enseñanza que pueden constituir buenas oportunidades para el desarrollo de las competencias científicas seleccionadas en PISA 2015, dentro de una unidad didáctica sobre salud e higiene bucodental que incide especialmente en el problema de la caries (Blanco, Franco-Mariscal y España, 2015). Para seleccionar este problema como tema de trabajo en secundaria se tuvo en cuenta que la mayoría de las propuestas educativas anteriores ponían el énfasis en programas de prevención a edades tempranas (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2008; Jiménez *et al.*, 2010), presuponiendo que éste ya no constituía un problema real en la etapa de secundaria, aunque diferentes estudios muestran precisamente lo contrario. Uno de cada dos adolescentes que estudia secundaria tiene caries (Llodra, 2012) constituyendo adicionalmente un problema social de insatisfacción estética (Sheiham, 2005), objetivos que se pretenden superar con esta unidad. Los únicos estudios encontrados en la literatura que abordan aspectos relacionados con este problema en secundaria lo utilizan como uno de los ítems de las pruebas PISA piloto (OCDE, 2009) o para analizar el desarrollo de la competencia científica del alumnado de nuestro país (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2015).

La secuencia gira en torno a la cuestión *¿por qué se pican los dientes?* y se plantea en cuatro apartados: su identificación, su prevención, qué debo hacer si la prevención falla y darlo a conocer (Blanco, Franco-Mariscal y España, 2015). La descripción de las actividades se ilustran con ejemplos de respuestas ofrecidas por estudiantes de 4º de E.S.O. del I.E.S. Juan Ramón Jiménez (Málaga, España) con los que se llevó a cabo la validación en la práctica de dicha unidad didáctica. Con idea de ofrecer una visión global de las actividades que se presentan en este trabajo, se recogen en la Tabla 2 sus objetivos y su relación con las competencias científicas que se pretenden desarrollar. Como puede apreciarse, por motivos de espacio, se presentan cuatro actividades y, por ello, sólo se ejemplifican algunas de las capacidades recogidas en las tres competencias científicas de PISA.

Tabla 2. Objetivos y competencias científicas de algunas actividades de la unidad

Actividad	Pregunta planteada en la actividad	Objetivo	Competencias científicas	Capacidad
1	¿Cuáles son mis ideas y hábitos sobre el problema de la caries?	Hacer explícitas las ideas y hábitos del alumnado sobre la caries	Evaluar y diseñar indagaciones científicas	Distinguir cuestiones que sean posibles de investigar científicamente
2	¿Cómo se produce el ataque en el diente?	Proponer hipótesis para explicar cómo tiene lugar el proceso de la caries	Explicar fenómenos científicamente	Proponer hipótesis explicativas
3	¿Qué pasta sería la mejor para cepillarte los dientes, teniendo en cuenta sus componentes?	Predecir la pasta de dientes más eficaz a partir de su composición	Explicar fenómenos científicamente	Hacer y justificar predicciones de forma apropiada
4	¿Supone el uso de mercurio en los empastes un problema para la salud?	Argumentar si el mercurio usado en los empastes supone un problema para la salud	Interpretar datos y evidencias científicamente	Evaluar argumentos científicos y evidencias de diferentes fuentes

Actividad 1: ¿Cuáles son mis ideas y hábitos sobre el problema de la caries?

Esta actividad muestra cómo se puede trabajar la capacidad para *distinguir cuestiones que sean posibles de investigar científicamente,* en este contexto de la salud. Como parte de la identificación del problema, y antes de afrontarlo, es importante que los estudiantes hagan explícitas sus ideas y hábitos sobre el tema. El profesor debe llamar la atención de los alumnos sobre la importancia que las ideas y las creencias personales tienen en el aprendizaje de cualquier concepto. Ponerlas de manifiesto y hacerlas explícitas, ayudará a establecer relaciones con las nuevas ideas que se les presente. Para ello, se plantea por escrito un cuestionario a los estudiantes (Tabla 3) y se realiza una puesta en común de sus respuestas en el aula.

Tabla 3. Cuestionario sobre ideas y creencias sobre la caries

1. ¿Se te han "picado" alguna vez los dientes / muelas?

   □ Sí □ No (Si has respondido *No*, pasa a la pregunta 3)

2. En caso afirmativo, ¿qué hiciste?

3. ¿Qué significa para ti "picarse un diente"? Explícalo detenidamente con tus propias palabras.

4. ¿Cuáles son para ti las razones por las que "se pican los dientes"?

5. ¿Cómo crees tú que se puede prevenir o evitar que se "piquen los dientes"?

6. ¿Crees que fumar afecta a que se "piquen los dientes"? ¿Cómo?

7. ¿Crees que beber alcohol afecta a que se "piquen los dientes"? ¿Cómo?

En la puesta en común se realiza un listado con todas las ideas indicadas por los estudiantes. Para cada una de ellas, deben destacar si pueden o no ser investigadas por la ciencia, dando una justificación. En caso afirmativo, se les puede pedir que digan cómo podría llevarse a cabo esta investigación.

A modo de ejemplo, algunas de las ideas manifestadas por los alumnos fueron que «las personas que comen más alimentos azucarados y no se cepillan los dientes tienen más probabilidad de tener caries», o que «las personas fumadoras tienen más posibilidades que las no fumadoras de poseer caries» (Franco-Mariscal y Blanco, 2012). Los alumnos mostraron que ambas cuestiones podían ser investigadas desde la ciencia puesto que pueden obtenerse pruebas que lo verifiquen. De este modo, la siguiente justificación fue dada por un estudiante para el segundo ejemplo: «Una forma de investigar si los fumadores tienen más posibilidades de tener caries que los no fumadores sería elegir un gran número de personas y contar el número de muelas empastadas que tienen las personas fumadoras y las no fumadoras». Varios alumnos hicieron algunas objeciones a esta justificación de esta forma: «La edad o el sexo de la persona puede ser importante en este estudio, ya que habría que comparar entre personas de edades similares, es decir, tomar rangos de edades para que la investigación tuviera validez. Respecto al sexo, a lo mejor las mujeres tienen menos caries que los hombres».

Para que los estudiantes desarrollen su capacidad para *distinguir cuestiones que sean posibles de investigar científicamente* es necesario que reconozcan que las cuestiones científicas deben poder resolverse mediante respuestas apoyadas en pruebas de carácter científico. Asimismo, es necesario que comprendan que en las investigaciones científicas se debe tener en cuenta no sólo una variable sino todas aquellas que puedan influir en el problema que se esté investigando. Éste es precisamente uno de los aspectos que en el esquema de PISA (OCDE, 2013) se conoce como conocimiento epistémico. Como síntesis de la actividad, el profesor debe ayudar a los estudiantes a generalizar estos aprendizajes y aplicarlos a otros contextos.

Actividad 2: ¿Cómo se produce el ataque en el diente?

En esta actividad el alumno debe buscar información en Internet para conocer cómo es la estructura de un diente e identificar cada una de sus partes realizando un dibujo (Figura 1). A continuación, debe proponer hipótesis que justifiquen en qué parte del diente se inicia el ataque y cómo tiene lugar su evolución. Esto es importante porque implica que debe ordenar cada una de las partes del diente según crea se verán afectadas.

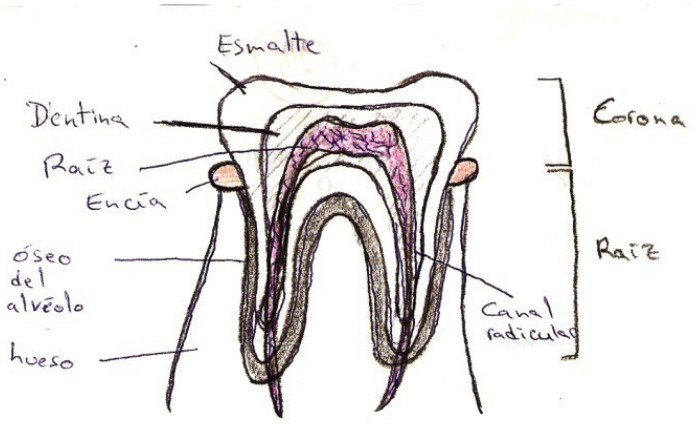

Figura 1. Estructura de un diente dibujada por un estudiante

PISA aborda la competencia *explicar fenómenos científicamente* a partir de reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para un rango de fenómenos naturales y tecnológicos, demostrando las capacidades expuestas en la Tabla 1. Esta actividad se centra específicamente en la capacidad *proponer hipótesis explicativas*.

Para que el estudiante pueda explicar cómo se produce la caries, es importante que sea capaz de identificar los factores responsables del problema (azúcar y bacterias en primer lugar, y los ácidos en segundo lugar). Estos conocimientos ya se han abordado en otra actividad anterior y tendrán que aplicarlos en ésta. Para estudiar en profundidad cómo tiene lugar el proceso, debe conocer la estructura de un diente, que constituye otro conocimiento implicado en esta actividad.

En su desarrollo en el aula, varios alumnos propusieron esta hipótesis: «El ataque debe empezar por el esmalte porque es la zona más externa del diente donde están en contacto las bacterias y el azúcar, y es allí donde se producen los primeros cambios: el color del esmalte se oscurece y se pone negro, y aparecen agujeros». En la puesta en común final, los estudiantes coincidían en que el ataque va avanzando desde el exterior al interior, hasta llegar al nervio, momento en que la persona afectada siente dolor. Algunos alumnos que habían tenido caries indicaron que habían experimentado las características citadas: cambios de color del esmalte hacia negro, aparición de agujeros o dolor.

Actividad 3: ¿Qué pasta sería la mejor para cepillarte los dientes, teniendo en cuenta sus componentes?

Un aspecto fundamental en la prevención de la caries es conocer algunos de los productos de que disponemos -pastas de dientes y enjuagues bucales-, así como los principales componentes responsables de su efectividad (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2012). En esta actividad, cada alumno debe traer al aula un dentífrico para identificar, a través de los datos que aparecen en su etiqueta, cuáles son las sustancias que considera más importantes para hacer más efectiva la pasta. Para ello, los alumnos comparten varios dentífricos y anotan su

composición en una tabla. La Tabla 4 muestra un ejemplo donde el alumno sólo es capaz de identificar en tres pastas dentales las sustancias comunes (marcadas del mismo color) porque se le presenta el problema de cómo correlacionar los componentes esenciales de las distintas pastas entre sí, al tener cada dentífrico sustancias aparentemente muy diferentes.

Tabla 4. Ejemplo de tarea realizada por un alumno

Pasta de dientes 1	Sorbitol, agua, hydrated silica, polyethylene glycol, sodium Lauryl Sulfate, Carboxymethylcellulose sodium, sodium pyrophosphate, cocamidopropyl betaine, saccharin sodium, titanium dioxide FD&C Blue no. 1, FD&C Yellow No. 5
Pasta de dientes 2	Fluoruro sódico, agua, sorbitol, hydrated silica, sodium bicarbonate, sodium lauryl sulfate, glycerin, aroma, cellulose gum, cocamidropyl betaine, titanium dioxide, sodium fluoride, xanthan gum, sodium saccharin, papain, cetylpyridinum chloride, sodium benzoate, sodium chloride, limonene
Pasta de dientes 3	Agua, hydrated silica, sorbitol, glycerin, sodium tripolyphosphate, polyethylene glycol 400, titanium dioxide, cocamidopropyl betaine, sodium methyl cocoyl taurate, xanthan gum, sodium hydroxide, saccharin sodium, sucralose,

Para solventar este problema, debe usar Internet para identificar el papel que juega cada componente y poder relacionarlo en los diferentes dentífricos. De esta forma se dará cuenta de que, por ejemplo, la carboximetilcelulosa de sodio (pasta 1), la goma de celulosa (pasta 2) y la goma xantana (pasta 3) son agentes cuya función es aglutinar para dar un cuerpo a la pasta, evitando la separación de componentes. En esta identificación también debe reconocer si el flúor es un componente mayoritario o minoritario, y relacionarlo con la peligrosidad de su exceso.

El adecuado desarrollo de esta actividad demanda identificar las descripciones, en este caso las que aparecen en un dentífrico, y especialmente realizar predicciones apropiadas, todas ellas capacidades importantes para *explicar fenómenos científicamente.*

Para responder al problema planteado es necesario que los estudiantes hagan predicciones sobre cuál podría ser la mejor pasta para cepillarse los dientes y a partir de ahí seleccionar cómo debería ser su composición. Se pretende abordar de esta forma la capacidad para *hacer y justificar predicciones de forma apropiada* dentro de la competencia *explicar fenómenos científicamente*. Algunas de las predicciones realizadas por los alumnos fueron «Si queremos conseguir dientes muy blancos, hay que añadir a la pasta un mayor porcentaje de sílice, ya que desempeña el papel de blanqueador» o «Una pasta de dientes que no contenga compuestos con flúor no servirá para nada ya que su papel es prevenir las caries».

Actividad 4: ¿Supone el uso de mercurio en los empastes un problema para la salud?

El apartado de la unidad didáctica *¿Qué debo hacer si la prevención falla?* aborda los diferentes tipos de empastes utilizados en la actualidad y también aquellos otros como las amalgamas de mercurio que se emplearon durante años pero cuyo uso hoy día no está permitido.

El profesor introduce el problema utilizando dos páginas web en las que se ofrecía información sobre el uso del mercurio en los empastes y su repercusión para la salud. De esta forma, se hacía conscientes a los alumnos del problema y se les pedía que argumentaran su punto de vista y se pronunciasen haciendo uso de más información y basándose en datos científicos disponibles en diferentes fuentes. En este punto queremos resaltar la importancia de trabajar simultáneamente la fiabilidad de la fuente de información que se utiliza para establecer argumentos (Franco-Mariscal, España y Blanco, 2014), que se incluyó como un objetivo transversal de la secuencia didáctica. Con este tipo de tareas el estudiante debe ser capaz, por un lado, de identificar supuestos y pruebas, así como de elaborar los razonamientos adecuados que conducirán a las conclusiones, y por otro lado, de reflexionar sobre el problema y sobre sus implicaciones sociales.

En la actividad abordada, la mayoría de los estudiantes se pronunciaron en contra del uso de empastes de mercurio ya que lo consideraban un problema para la salud. Algunas de las pruebas utilizadas se relacionaban con los efectos del mercurio para la salud: «En algunos países como Japón o Rusia está totalmente prohibido el uso de amalgamas de mercurio para los empastes, ya que diferentes estudios han comprobado que el mercurio es absorbido por el cuerpo, y en su lento viaje hacia el cerebro, donde acaba almacenándose, va provocando daños físicos en los distintos tejidos, órganos y sistemas por los que va pasando, además de alteraciones psíquicas y emocionales de diverso tipo». En otros casos, emplearon diferentes razonamientos para argumentarlo: «La persona está expuesta al mercurio que tiene la amalgama del empaste, y este metal en concreto es muy tóxico. Se pueden producir diferentes corrientes galvánicas entre los distintos metales colocados en la boca». Otra prueba fue el cálculo de la masa del mercurio que podría desprenderse de los empastes. En este último argumento, indicaron: «Si un empaste medio contiene una cantidad estimada de 800 mg de amalgama, y cada persona posee un promedio de ocho empastes, cada persona estaría expuesta a 3,2 g de vapor de mercurio (8 empastes x 800 mg x 50% de mercurio por empaste)».

Esta actividad muestra un ejemplo de cómo se ha trabajado la capacidad para *evaluar argumentos científicos y evidencias de diferentes fuentes*. La competencia *interpretar datos y evidencias científicamente* requiere que los alumnos aprendan que es necesario analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en representaciones variadas, así como extraer conclusiones científicas apropiadas. El informe PISA 2006 (OCDE, 2007) de los estudiantes españoles muestra unos resultados muy bajos en esta competencia lo que se puede explicar, entre otros factores, por la distancia que existe entre las competencias científicas que evalúa PISA y lo que se les plantea a los estudiantes en la mayoría de las aulas de ciencia de nuestro país (Garrido y Couso, 2013).

Consideraciones finales

Con objeto de aportar ideas que puedan ayudar al desarrollo curricular de las competencias científicas, en este artículo se han presentado ideas y criterios para el diseño de actividades y ejemplos que ilustran cómo algunos aspectos del marco de la evaluación de ciencias en PISA 2015 (OCDE, 2013) pueden ser útiles para esta finalidad.

Consideramos que sigue siendo una cuestión pendiente para el profesorado relacionar las actividades de aprendizaje con el desarrollo de las competencias científicas (Garrido y Couso, 2013). El grado de concreción, la organización y la formulación de las competencias científicas presentadas en PISA facilitan esta tarea. De este modo, actividades de aprendizaje como las presentadas en este trabajo pueden ser útiles tanto en el aula como para la formación del profesorado de ciencias.

La aplicación del esquema de evaluación en ciencias de PISA se ha planteado en este trabajo en el contexto de un problema de salud, pero consideramos que puede hacerse extensivo a otros contextos y problemas de la vida diaria. En este sentido, este artículo se enmarca en un proyecto más amplio en el que se están diseñando, llevando a la práctica y evaluando unidades didácticas relacionadas principalmente con los ámbitos de la salud, el consumo o el medio ambiente (Blanco y Lupión, 2015). En ellas se pone a los estudiantes en la tesitura de tomar decisiones sobre, por ejemplo, qué dieta seguir, qué agua consumir (embotellada o del grifo) o qué coche comprar y para la toma de esas decisiones es necesario desarrollar y movilizar competencias científicas como las que se han ejemplificado en este trabajo.

Aunque se ha abogado por el tratamiento de problemas o situaciones de la vida diaria como eje articulador del diseño de actividades, ello no excluye que puedan desarrollarse otros planteamientos para el desarrollo de competencias científicas. Tampoco se quiere con ello afirmar que con este enfoque se pretenda abarcar todos los contenidos recogidos en el currículo.

Finalmente, hay que hacer constar que la selección de contextos de trabajo adecuados y las actividades de aprendizaje son algunas de las cuestiones importantes al diseñar y desarrollar la enseñanza, pero no las únicas. Han quedado fuera de este artículo, por motivo de espacio, otros aspectos importantes, que serán objeto de nuevas investigaciones, tales como la formulación de los objetivos de aprendizaje, la selección de los contenidos y la evaluación y su relación con el desarrollo de las competencias científicas de los alumnos.

Nota: Este artículo forma parte del proyecto de I+D de Excelencia «Desarrollo y evaluación de competencias científicas mediante enfoques de enseñanza en contexto y de modelización. Estudios de caso» (EDU2013-41952-P) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de 2013.

Referencias bibliográficas

Aguilar M.A. y Tapia S.A. (2008). *PISA en el aula: Ciencias*. México: Instituto Nacional para la Evaluación.

Bennett J., Hogarth S. y Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science: Review summary*. UK: University of York.

Blanco A., Franco-Mariscal A.J. y España E. (2015). A competence-based approach to the design of teaching sequences. An example about Oral and Dental Health and Hygiene. *Journal of Biological Education* 50(2), 196-206.

Blanco A. y Lupión T. (eds.) (2015). *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*. Santiago de Compostela: Andavira Editora.

Blanco-Anaya P. y Díaz de Bustamante J. (2014). Reconstruir el pasado: argumentación y uso de pruebas en problemas de geología. *Enseñanza de Ciencias de la Tierra* 22(2), 177-186.

Bolívar A. (2010). *Competencias básicas y currículo*. Madrid: Editorial Síntesis.

Bybee R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Bybee R., McCrae B. y Laurie, R. (2009). PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching* 46(8), 865-883.

Cañal P. (2011). Competencia científica y competencia profesional en la enseñanza de las

ciencias. En Caamaño, A. (coord.). *Didáctica de la Física y la Química*. Barcelona: Graó-Me, 35-55.

Cañal P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.

Cañas A., Martín-Díaz M. y Nieda J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Madrid: Alianza Editorial.

Carabaña J. (2008). *Las diferencias entre países y regiones en las pruebas PISA*. Madrid: Colegio Libre de Eméritos.

Couso D. (2009). Y después de PISA, ¿qué? Propuestas para desarrollar la competencia científica en el aula de ciencia de profesores en ejercicio y futuros profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, *extra, VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias*, pp.3547-3550, Barcelona.

Crujeiras B. y Jiménez-Aleixandre M.P. (2012). Participar en las prácticas científicas. Aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre las pastas de dientes. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* 72, 12-19.

Crujeiras B. y Jiménez-Aleixandre M.P. (2015). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(3), 385-401.

De Jong O. (2006). Making chemistry meaningful: conditions for successful context-based teaching. *Educación Química* 17, extra, 215-221.

Drechsel B., Carstensen C. y Prenzel M. (2011). The role of content and context in PISA interest scales: A study of the embedded interest items in the PISA 2006 science assessment. *International Journal of Science Education* 33(1), 73-95.

Fensham P. (1988). Approaches to the teaching of STS in science education. *International Journal of Science Education* 10(4), 357-366.

Fensham P. (2007). Competences, from within and without: new challenges and posibilities for scientific literacy. In C. Linder, L. Östman and P. Wickman (eds.), *Promoting scientific literacy: science education research in transaction*. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University, pp.113-119. Uppsala (Sweden).

Fensham P. (2009). Real world contexts in PISA science: implications for context based science education. *Journal of Research in Science Teaching* 46(8), 884-896.

Franco-Mariscal A.J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias* 33(2), 231-252.

Franco-Mariscal A.J. y Blanco A. (2012). Concepciones previas de estudiantes de 3º de E.S.O. sobre la salud bucal y el deterioro de los dientes. En J.M. Domínguez Castiñeiras (ed.), *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp.1085-1092. Santiago Compostela: Universidad Santiago.

Franco-Mariscal A.J., Blanco A. y España E. (2014). El desarrollo de la competencia científica en una unidad didáctica sobre la salud bucodental. Diseño y análisis de tareas. *Enseñanza de las Ciencias* 32(3), 649-667.

Franco-Mariscal A.J., España E. y Blanco A. (2014). Uso de Internet para analizar las relaciones entre drogas y salud bucodental. Una experiencia en 4º de ESO. En E. Soriano, A.J. González y V.C. Cala (eds.), *Retos actuales de educación y salud transcultural [1]*, cap. 54. Almería: Universidad de Almería.

Garrido A. y Couso D. (2013). La competencia de uso de pruebas científicas: ¿Qué dimensiones se promueven en las actividades del aula de ciencia?. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las ciencias*, pp.1507-1512. Girona.

Gil D. y Vilches A. (2006). ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejora de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación* extra, 295-311.

Goldstein H. (2004). International comparisons of student attainment: some issues arising from the PISA study. *Assessment in Education* 11(3), 319-330.

Hernández F. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido de aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación* extra, 357-379.

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

Jiménez M.P., González F., Naranjo J.A., Avivar L.M., Ortega P., Salas M., Salazar J. y Romero C. (2010). *Los hábitos saludables y la prevención de la enfermedad a través del juego en las actividades prácticas durante la educación infantil y primaria*. Universidad de Granada: Departamento de Didáctica.

Kang H., Windschitl M., Stroupe D. y Thompson J. (2016). Designing, launching, and implementing high quality learning opportunities for students that advances scientific thinking. *Journal of Research in Science Teaching*. DOI: 10.1002/tea.21329.

Lau K.C. (2009). A critical examination of PISA's assessment on scientific literacy. *International Journal of Science Education* 7(6), 1061-1088.

Llodra J.C. (2012). Encuesta de Salud Oral en España 2010. *RCOE, Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España* 17(1), 13-46.

MEC, Ministerio de Educación y Ciencia (2007). Real Decreto 1631/2006, de 26 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE núm. 5, 5 enero 2007).

MEC, Ministerio de Educación y Ciencia (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (BOE núm. 25, de 29 de enero de 2015, pp. 6986-7003).

Ministerio de Sanidad y Consumo (2008). Plan de Salud bucodental "*¡Qué molen tus muelas!*". Recuperado de: http://www.msssi.gob.es/en/campannas/campanas08/bucoDental/index.html (Consulta: 21/09/16)

OCDE (2007). *PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World. Analysis*. Paris: OCDE.

OCDE (2009). *PISA take the test: sample questions from OECD's PISA assesments*. Paris: OCDE.

OCDE (2013). *PISA 2015. Draft science framework*. Recuperado de: http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf (Consulta: 21/09/16)

Oliva J.M., Aragón M.M. y Cuesta J. (2015). The competence of modelling in learning chemical change: A study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education* 13(4), 751-791.

Pedrinaci E., Caamaño A., Cañal P. y Pro A. (2012). *El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.

Perrenoud P. (2007). *Diez nuevas competencias para enseñar. Invitación al viaje.* México: Graó.

Perrenoud P. (2012). *Cuando la escuela pretende preparar para la vida ¿Desarrollar competencias o enseñar otros saberes?* Barcelona: Graó.

Pilot A. y Bulte A. (2007). Why you do "Need to Know". Context-based education. *International Journal of Science Education* 28(9), 953-956.

Pinto R. y El-Boudamoussi S. (2009). Scientific Processes in PISA Tests Observed for Science Teachers. *International Journal of Science Education* 31(16), 2137–2159.

Pro A. (1999). Planificación de las unidades didácticas por los profesores: Análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* 17(3), 411-425.

Pro A. (2007). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* 53, 10-21.

Pro A. y Rodríguez J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias* 28(3), 385-404.

Pro A. (2011). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. En A. Caamaño (coord.) *Didáctica de la Física y la Química*, pp. 13-33. Barcelona: Graó-Me.

Puig B., Bravo B. y Jiménez Aleixandre M.P. (2012). *Argumentación en el aula: Dos unidades didácticas*. Santiago de Compostela: Danú. Proyecto S-TEAM (Science Teacher Education Advanced Methods).

Rubio R. (2008). Propuestas para mejorar la evaluación de las competencias científicas al finalizar la ESO a partir de la evaluación PISA 2006. *Alambique*, *Didáctica de las Ciencias Experimentales* 57, 64-72.

Sanmartí N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En J.F. Perales y P. Cañal (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil, 209-237.

Sanmartí N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria.* Madrid: Síntesis Educación.

Sanmartí N. (2008). Què comporta desenvolupar la competéncia científica? *Guix* 344, 11-16.

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.

Sanmartí N. y Sardà A. (2007). Luces y sombras en la evaluación de competencias: el caso PISA. *Cuadernos de Pedagogía* 370, 60-63.

Sheiham A. (2005). Identification of appropriate outcomes for an ageing population. *Bulletin of World Health Organization* 83, 644-645.

Tekkumru-Kisa M., Stein M.K. y Schunn C. (2015). A framework for analyzing cognitive demand and content-practices integration: Task analysis guide in science. *Journal of Research in Science Teaching* 52(5), 659-685.

UE, Unión Europea (2007). Recommendation 2006/962/EC of the European Parliament and of the Council, of 18 December, on key competences for lifelong learning. Brussels.

Vilches A. y Gil D. (2010). El programa PISA: un instrumento para la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación 53*, 121-154.

Welsh Goverment (2012). A guide to using PISA as a context learning. Cardif: Welsh Government.

Yus R., Fernández M., Gallardo M., Barquín J., Sepúlveda M.P. y Serván M.J. (2013). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación* 360*,* 557-576.

Zabala A. (2009). Desarrollo curricular de las competencias básicas. El ámbito común o de tutoría. *Aula de Innovación Educativa* 180, 20-25.

Zabala A. y Arnau L. (2007). *11 ideas clave: Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.