

# Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria

Francisco Rodríguez Mora <sup>1</sup>, Ángel Blanco López <sup>2</sup>

<sup>1</sup> IES Luis Barahona de Soto, Archidona (Málaga), España, E-mail: [franrodriguez@uma.es](mailto:franrodriguez@uma.es)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Málaga, España, E-mail: [ablancol@uma.es](mailto:ablancol@uma.es)

[Recibido en marzo de 2015, aceptado en enero de 2016]

Una enseñanza basada en el desarrollo de competencias exige del profesorado nuevos modos de entender la evaluación, más centrados hasta ahora en la reproducción de conocimientos que en su transferencia a situaciones de la vida cotidiana. En este artículo se revisan distintos aspectos que debería contemplar la evaluación de competencias científicas y se describe y se justifica una propuesta para el diseño y el análisis de tareas de evaluación con un enfoque competencial, utilizando el enfoque de PISA como referente. Todo ello, en una unidad didáctica para 3º de Educación Secundaria Obligatoria que utiliza el consumo de agua de bebida como contexto de aplicación. Finalmente, se plantean algunas consideraciones sobre la importancia de la evaluación como aspecto clave para avanzar en el desarrollo de competencias científicas.

**Palabras clave:** Educación Secundaria Obligatoria; competencias científicas; evaluación; enseñanza en contexto; agua embotellada.

## Design and analysis of assessment tasks of scientific competences in a teaching unit on the consumption of bottled water for compulsory secondary education

A teaching based on the development of competences demands teachers, who traditionally have been focused more on the transmission of the theoretical contents rather than its application in everyday situations, new ways of understanding assessment. In this paper different aspects that should be included in the assessment of scientific competence are analyzed and a proposal for design and analysis of assessment tasks with a competence approach, using the PISA model as a reference, is justified. All this is being done in a teaching unit for Grade 9, using the consumption of bottled water as application context. Finally, some considerations about the importance of evaluation as a key to advancing the development of scientific competence arise.

**Keywords:** Compulsory Secondary Education; scientific competences; assessment; teaching in context; bottled water.

---

**Para citar este artículo:** Rodríguez Mora, F., Blanco López, A. (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. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18289>

---

## Introducción

Si consideramos que una enseñanza para promover el desarrollo de competencias básicas –o competencias clave–, tal y como ahora demandan los currículos de la educación obligatoria (Ministerio de Educación y Ciencia 2006, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte 2013), constituye un cambio importante para la generalidad del profesorado en cuanto a objetivos o estrategias de enseñanza, más aún debemos suponer este cambio respecto a los procesos de evaluación (Sanmartí y Marchán 2014), más centrados hasta ahora en la reproducción de conocimientos que en su transferencia a situaciones de la vida cotidiana (Hernández 2006, Cañal 2012a).

Un enfoque competencial de la enseñanza se revela como una nueva oportunidad para la mejora de las prácticas educativas que desarrolla el profesorado en las clases de ciencias (Jiménez Alexandre 2010), y en este sentido debe evolucionar también la manera de percibir

la evaluación y las actividades que para ello se plantean. Evaluar competencias científicas<sup>1</sup> supone cambiar las estrategias habituales de evaluación que utilizamos en el aula, supone replantear los procesos de valoración, pues deben quedar organizados y definidos para apoyar y facilitar la adquisición, desarrollo y consecución de tales competencias (Villar y Poblete 2011, Avargil *et al.* 2012).

Este reto requiere también del compromiso y la dedicación del profesorado como agente protagonista, pues los cambios educativos dependen también de *lo que piensan y hacen los profesores*, lo que finalmente se constituye en la clave que domina el éxito o fracaso de cualquier reforma o innovación curricular (Mellado 2011). En este sentido, son bien conocidos los múltiples obstáculos y resistencias que aparecen a la hora de llevar a las aulas las innovaciones educativas. Monereo (2010) considera que estas dificultades pueden ser de tres tipos: personal, profesional e institucional.

Entre las dificultades de índole personal destacar el coste emocional que supone para muchos profesores cambiar unas prácticas que tienen bajo control y que le dan seguridad, por otras que pueden ponerles en situación de vulnerabilidad. El segundo tipo obedece a dificultades de carácter profesional, y más concretamente, a lo que se denomina en un sentido amplio las competencias profesionales, que englobaría el conjunto de concepciones, teorías y conocimientos que sustentan las decisiones y las prácticas habituales de los profesores, entre ellas las relativas a la evaluación, y que, como muestran las investigaciones al respecto, son difíciles de modificar (Mellado 2001). Finalmente, las dificultades de naturaleza institucional son las que en mayor medida parecen mermar el compromiso del profesorado con las reformas educativas, entre las que se encuentran la poca capacidad de participación que se permite al profesorado, el sentimiento de desesperanza, adquirido a través de los años de experiencia, la transitoriedad de las reformas y la falta de condiciones reales para llevarlas a cabo. También hay que tener en cuenta los mecanismos presentes en muchas instituciones educativas y comúnmente aceptados que tienden a minimizar, cuando no a evitar y rechazar cambios en las prácticas educativas existentes.

Es evidente que la evaluación de competencias se muestra como un asunto complejo, pero mientras no se avance en este sentido, es difícil que el profesorado esté bien capacitado para ayudar a sus estudiantes a desarrollar sus competencias (Zabala y Arnau 2007). A este respecto, consideramos que una estrategia adecuada consistiría en comenzar ayudando al profesorado de ciencias a realizar pequeños cambios, pero significativos, en la forma en la que habitualmente plantea la evaluación del aprendizaje de sus alumnos, si se pretende generalizar y consolidar avances en la enseñanza y evaluación de competencias.

Un primer paso hacia esta transformación podría pasar por revisar la manera en que solemos formular las preguntas a nuestros alumnos (Márquez y Sardá 2009). Se trataría de ir evolucionado del tradicional *examen de conocimientos*, basado en preguntas mecánicas y reproductivas, hacia otros planteamientos que evalúen desde el *punto de vista de las competencias*. Como afirma Pérez Gómez «ojalá las pruebas y exámenes habituales en nuestra escuela imitaran la filosofía de PISA de evaluar pensamiento y no reproducción memorística de datos» (Pérez Gómez 2014, 8).

Como muestra un reciente informe elaborado por la red Eurydice sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en Europa (Euridyce 2011), a pesar de que los docentes disponen

---

<sup>1</sup>A lo largo de todo el texto se ha optado por utilizar la expresión “competencias científicas” (en plural) tal como se denominan en el marco de la evaluación en ciencias de PISA (OCDE 2006) que se ha tomado como referente en este trabajo. Es cierto que en los currículos LOE se utiliza el término en singular, como “competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico”, aunque en los currículos de la LOMCE se vuelve a utilizar la expresión en plural: “competencias básicas en ciencia y tecnología”.

de una amplia gama de métodos y enfoques de evaluación, en la práctica diaria los exámenes escritos u orales destacan entre los métodos más frecuentemente recomendados.

En España, en la práctica educativa no ha calado el enfoque por competencias ni en la enseñanza; ni, por supuesto, en la evaluación. El profesorado no ha modificado en gran medida sus modelos evaluativos a raíz de la reforma educativa propuesta por la Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006 y refrendada años más tarde por la Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) en 2013. Tonda y Medina (2013) consideran que el desconocimiento del campo de las competencias supone una de las dificultades explicitadas por los docentes para el ejercicio de la evaluación. Por todo ello, resulta poco probable que a corto plazo el profesorado, de forma generalizada, abandone los exámenes como instrumento principal, y a veces como único recurso para la valoración del trabajo de los alumnos, a pesar de que su validez y fiabilidad pueden, en muchas ocasiones, resultar insuficientes (Rodríguez Barreiro *et al.* 1992, Bell 2007).

Atendiendo a esta demanda, en el seno de un proyecto de investigación (Blanco, España y González 2010) se viene analizando la importancia del diseño de materiales y tareas de evaluación para el fomento de las competencias científicas. Este trabajo, realizado conjuntamente entre investigadores y profesores en activo, se ha concretado en el diseño, puesta en práctica y evaluación de una serie de unidades didácticas utilizando distintas situaciones y problemas de la vida diaria como contextos de enseñanza (Blanco y Lupión, 2015). Los profesores son, por tanto, agentes importantes en la elección del contexto y problema a desarrollar (Fensham 2009), así como en el diseño de la secuencia de actividades, su implementación y evaluación.

En un trabajo anterior (Franco, Blanco y España 2014), se ha planteado la importancia de la orientación y el enfoque de los materiales curriculares para el desarrollo de competencias científicas desde la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria obligatoria. En concreto, se ponía especial énfasis en la necesidad de partir de un enfoque explícito y claramente formulado sobre cómo entender las competencias científicas y de cómo vincular las tareas y actividades de enseñanza y aprendizaje con dicho enfoque.

El presente trabajo incide en la evaluación de competencias como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje, centrándose concretamente en el diseño de las tareas de evaluación en el seno de una unidad didáctica, para alumnado de secundaria obligatoria, que utiliza el consumo de agua de bebida embotellada como contexto de aplicación. Para ello, el artículo se ha estructurado en cuatro apartados. En el primero, se hace una revisión de la literatura acerca de la evaluación de competencias científicas, y se propone y justifica la elección del enfoque del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) en ciencias como marco de fundamentación (OCDE 2006, OECD 2009). En el segundo apartado se presenta el contexto de enseñanza-aprendizaje en el que toma su sentido la propuesta de diseño y análisis de tareas de evaluación que se describe en el apartado tercero. Finalmente, en un cuarto apartado se plantean algunas consideraciones sobre el alcance y las limitaciones de la propuesta que se realiza y su utilidad en la enseñanza de las ciencias.

## **Evaluación de competencias científicas**

La evaluación de competencias científicas puede verse, de entrada, desde dos perspectivas diferentes: desde el enfoque de los programas de evaluación externa a los centros educativos o desde el de la investigación e innovación didáctica. En la primera nos referimos, fundamentalmente, a evaluaciones estandarizadas como las que lleva a cabo PISA a nivel internacional y a las Evaluaciones de Diagnóstico, tanto en el ámbito nacional (Ministerio de

Educación 2009) como en el autonómico (véase, por ejemplo, para Andalucía CEJA 2008). Como sabemos dichos programas constituyen modelos de evaluación que tienen como finalidades fundamentales el diagnóstico, en un momento determinado, de la situación de amplias muestras de estudiantes, de cuyos resultados se pueden derivar implicaciones educativas de carácter general sobre los sistemas educativos, los currículos, la organización de las enseñanzas, etc. También pueden ser de utilidad para detectar aquellos aspectos de las competencias que requieren de más atención educativa o para disponer de una amplia batería de pruebas de evaluación, pero no para entender cómo desarrollar y evaluar la competencia científica de grupos de estudiantes concretos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desde la perspectiva de la investigación e innovación didáctica, que es la que ahora nos interesa, el marco de las competencias todavía no ha dado lugar a investigaciones sistemáticas generalizadas sobre la evaluación, sin duda debido al carácter relativamente reciente de esta línea de fundamentación. No obstante, la literatura al respecto ha ido recogiendo diferentes aspectos a tener en cuenta en la evaluación de competencias científicas (Cañal 2012b, 2012c, Pedrinaci 2012).

En primer lugar, resulta imprescindible definir con claridad qué pretendemos evaluar. Este aspecto es importante ya que existen distintos enfoques sobre cómo entender y caracterizar las competencias científicas: el de los currículos oficiales, el del marco de las evaluaciones diagnósticas, los programas internacionales de evaluación como PISA, o más recientemente, el enfoque propuesto por Pedrinaci y Cañal (Pedrinaci *et al.* 2012).

Muchos autores han apuntado la importancia que el enfoque de PISA puede tener para la mejora de la enseñanza de las ciencias (Gil y Vilches 2006, Vilches y Gil 2010). Aunque PISA sea un programa de evaluación externa y no de enseñanza, muestra una formulación de las competencias científicas más precisa y más fácil de utilizar que la de los currículos oficiales para un profesorado que se está iniciando en el uso de dichas competencias como referente para la práctica educativa y para la evaluación. En el enfoque del programa PISA en ciencias (OCDE 2006, OECD 2009)<sup>2</sup> se contemplan tres competencias científicas: identificar cuestiones científicas (I), explicar fenómenos científicos (E) y utilizar pruebas científicas (U), cada una de las cuales está integrada por un conjunto de capacidades científicas (véase cuadro 1), sobre las que existe un amplio grado de consenso en cuanto a su importancia para la formación de los estudiantes de la educación obligatoria (Cañas, Martín-Díaz y Nieda 2007, 2008).

**Cuadro 1.** Competencias y capacidades científicas incluidas en PISA (OCDE 2006, OECD 2009).

Identificar cuestiones científicas (I)	Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente.
	Identificar términos clave para la búsqueda de información científica.
	Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.
Explicar fenómenos científicos (E)	Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.
	Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.
	Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas.
Utilizar pruebas científicas (U)	Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones.
	Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.
	Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos.

<sup>2</sup> PISA en su reciente evaluación de 2015 (OECD 2013) ha modificado ligeramente su esquema de evaluación en ciencias, de tal forma que las competencias científicas evaluadas en esta edición son: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar investigación científica, e interpretar datos y evidencias científicamente.

Estas competencias científicas pueden entenderse como importantes herramientas que nos ayudan a plantearnos y tomar decisiones sobre múltiples cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología -cuestiones CTS- que forman parte de la vida de los estudiantes y de la sociedad de la que serán futuros ciudadanos (Fensham 2009). En esta línea, para muchos autores el enfoque que maneja PISA contribuye de forma importante a entender los distintos aspectos de la competencia científica y cómo evaluar la alfabetización científica de forma válida y fiable (Bybee 1997, Fensham 2007, Bybee *et al.* 2009), aunque para otros autores este programa no está exento de críticas. Para Yus *et al.* (2013) PISA maneja una concepción de competencia atomizada, que no evalúa tanto el grado de competencia de los estudiantes como el grado de adquisición de las distintas capacidades implicadas, no de manera integrada sino consideradas de manera aislada.

Identificadas las competencias científicas objeto de evaluación nos centraremos seguidamente en determinar qué aspectos deben ser considerados en el desarrollo de competencias científicas por parte de los alumnos. Un primer análisis indica que la evaluación del grado de competencia que alcanzan nuestros estudiantes se presenta como un proceso complejo, habida cuenta de que las competencias no deben entenderse como algo que se tiene o no se tiene en términos absolutos, no representan estados o logros terminados, sino en permanente desarrollo, como «estados en proceso de evolución» (Gimeno 2008, 29).

Para Arnau (2009) la evaluación por competencias debe partir de situaciones–problemas más o menos reales y complejas que obliguen al estudiante a intervenir para resolverlas, lo que requiere del manejo de muy variadas actividades de evaluación, parciales o integradas, en las que a partir de diferentes situaciones contextualizadas el estudiante sea capaz de emplear y aplicar el conocimiento aprendido (Cañal 2012a). Las preguntas para la evaluación de competencias científicas deben formularse de manera sencilla y directa, y deben centrarse en relacionar los contenidos de la enseñanza con las capacidades científicas cuyo desarrollo se pretende (Márquez y Sardá 2009). No pueden limitarse a la simple reproducción de los contenidos trabajados en clase o a la resolución mecánica de problemas estereotipados (Zabala y Arnau 2007), sino que deben exigir del alumnado la transferencia de conocimientos para interpretarlas o comprenderlas.

Evaluar el nivel de desarrollo de cada una de las capacidades que definen las competencias científicas requiere de la implementación de tareas adecuadas a las actuaciones que se demandan del alumnado. Por ejemplo, qué cuestiones y qué tareas pueden ser adecuadas para evaluar cómo el estudiante describe o explica científicamente un fenómeno determinado, si es capaz de distinguir cuestiones científicas de otras que no lo son, cómo identifica problemas y sus posibles soluciones basándose en el conocimiento científico, su capacidad para utilizar el conocimientos científico, para formular conclusiones, para buscar y obtener información valiosa, etc. Como se ha mencionado anteriormente, la constatación del grado de desarrollo de estas capacidades debe realizarse en relación al planteamiento de situaciones relevantes del entorno cotidiano que supongan un reto para el estudiante y le obliguen a intervenir para solucionarlas (Cañas y Martín-Díaz 2010, Cañal 2012c, España, Blanco y Rueda 2012).

La estimación del avance en el grado de desarrollo de cada una de las competencias científicas puede realizarse en referencia a una serie de indicadores de progresión, lo que supone establecer unos criterios de evaluación claros y precisos, y unos resultados de aprendizaje para cada una de las capacidades que integran las competencias científicas en PISA (cuadro 1). Para realizar esta estimación del nivel de progresión está cada vez más extendido el empleo de rúbricas (Goodrich 2000) como herramientas de evaluación y también como instrumento para la identificación de dificultades de los estudiantes (Ferrés, Marbà y Sanmartí 2015). Se trata de tablas o matrices de valoración que enumeran los distintos indicadores que deben ser tenidos

en cuenta así como los niveles de calidad que pueden alcanzarse para cada uno de estos indicadores.

## **El consumo de agua embotellada como contexto para el desarrollo de competencias científicas**

Plantear en el aula secuencias de enseñanza-aprendizaje basadas en contextos de la vida diaria se configura como una posible vía adecuada para el desarrollo de competencias científicas (Cañas y Martín-Díaz 2010). Desde este enfoque se entiende que el contexto elegido juega un papel fundamental en las distintas etapas que conforman el proceso de enseñanza, y las situaciones y problemas procedentes del contexto pasan a constituir el eje central que guía y estructura toda la secuencia (Blanco, España y Rodríguez 2012).

Desde este planteamiento se ha diseñado una unidad didáctica para el tercer curso de ESO que utiliza el consumo de agua embotellada como contexto de enseñanza-aprendizaje. Esta propuesta didáctica se centra en un producto cotidiano presente en la vida diaria del estudiante como marco para introducir y desarrollar contenidos de ciencias, especialmente de química. Pero no se trata solo de aplicar los conceptos científicos tratados en clase al contexto elegido sino aprender también sobre el propio contexto y los problemas planteados (Sanmartí *et al.* 2011); finalmente, se trata de utilizar las distintas situaciones asociadas al consumo de agua de bebida para promover el desarrollo de las competencias científicas de los alumnos.

En nuestro país el consumo de agua de bebida embotellada como alternativa al agua del grifo está tan extendido que algunas personas lo consideran una necesidad. En parte debido a la creencia, bastante generalizada, de que el agua del grifo es de peor calidad, es menos segura y está menos controlada que el agua de bebida envasada. Este tipo de creencias no está, en términos generales, justificada según los diferentes estudios técnicos disponibles (Olson 1990, Ferrier 2001).

La disyuntiva entre qué tipo de agua de bebida consumir, del grifo o embotellada, es el eje central que motiva esta propuesta didáctica a través del planteamiento de los siguientes dos interrogantes clave, que guían y estructuran toda la secuencia de actividades: *¿Es mejor el agua embotellada que el agua del grifo?*, *¿Es necesario consumir agua embotellada?* (Blanco, Rodríguez y Rueda 2011).

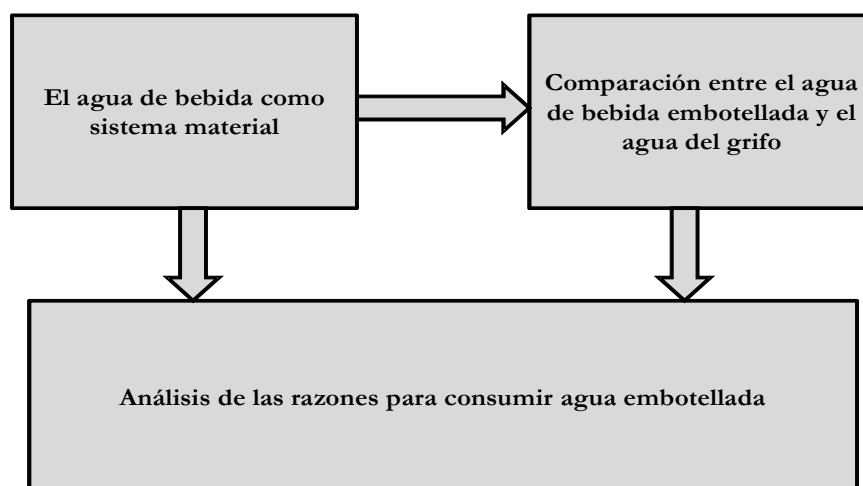
Abordando estas preguntas la propuesta didáctica pretende ayudar a los alumnos a:

- A. Reflexionar sobre cuestiones relacionadas con el consumo de agua de bebida, como diferencias entre el agua del grifo y embotellada a efectos de composición y control sanitario.
- B. Conocer y aplicar conocimientos de química estudiando este producto tan cotidiano.
- C. Aprender a identificar cuestiones científicas, a explicar y a argumentar utilizando ideas, datos y pruebas científicas.
- D. Tomar conciencia de que la química forma parte de nuestra vida diaria y que nos ayuda a conocer la composición de los productos que consumimos.
- E. Reconocer que este tipo de conocimientos es muy útil para mejorar nuestros hábitos de alimentación y de consumo y para tomar mejores decisiones con respecto a nuestra salud.
- F. Tomar decisiones reflexionadas y fundamentadas acerca de este tema.

Los conocimientos científicos (de ciencia y sobre la ciencia) que se consideran necesarios para abordar la serie de interrogantes planteados quedan estructurados en tres bloques de contenidos, como se muestra en el cuadro 2: el agua de bebida como sistema material;

comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo; razones para consumir agua de bebida embotellada y su relación con aspectos como la salud, económicos, medioambientales, etc.

**Cuadro 2.** Bloques de contenidos abordados en la unidad didáctica.



Para tratar de responder a los interrogantes clave formulados y a los objetivos y contenidos definidos, se diseñó una secuencia de tareas de enseñanza–aprendizaje en cinco fases, cada una de ellas con una serie de interrogantes más concretos que permiten organizar y secuenciar el contenido y su tratamiento en el aula (tabla 1).

Las distintas etapas y fases del proceso se han articulado siguiendo un modelo constructivista de diseño de secuencias de aprendizaje propuesto en el seno del equipo de investigación antes citado y basado en los trabajos de Driver (1988), Sánchez y Valcárcel (1993), Pro y Saura (2007). La secuencia didáctica incluía distintos tipos de actividades, tales como exposiciones del profesor, trabajo en pequeño grupo, experiencias de cátedra, ejercicios de aplicación, lecturas de textos, utilización de medios audiovisuales, manejo de las TIC, tareas para casa, etc. Asimismo, se ha pretendido con esta secuencia tratar de forma lo más equilibrada posible las tres competencias científicas de PISA (cuadro 1).

La secuencia didáctica se presenta en formato web (Rodríguez, Blanco y Rueda 2011) y se ha llevado a la práctica en el IES Luis Barahona de Soto con estudiantes de 3º ESO durante los cursos escolares 2010/11 y 2011/2012 en la asignatura de Física y Química, siendo el profesor que implementó la unidad uno de los autores de este artículo.

Pasamos ahora, de acuerdo con el objetivo de este trabajo, a analizar cómo se ha diseñado y elaborado la prueba escrita como instrumento de evaluación, poniéndose de manifiesto los criterios utilizados, las decisiones tomadas durante su elaboración y mostrando su versión final, tal y como la cumplimentaron los estudiantes del curso 2011/2012.

**Tabla 1.** Fases e interrogantes de la secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje (Rodríguez y Blanco 2015).

INTERROGANTES CENTRALES DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	
<p><i>¿ES MEJOR EL AGUA EMBOTELLADA QUE EL AGUA DEL GRIFO?</i></p> <p><i>¿ES NECESARIO CONSUMIR AGUA DE BEBIDA EMBOTELLADA?</i></p>	
FASES DE LA SECUENCIA	INTERROGANTES ORGANIZADORES
Inicio. Identificación del problema	
<p><i>Fase I</i> <i>Orientación y explicitación de ideas previas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>¿Por qué es importante plantearse el consumo de agua de bebida embotellada?</i></li> <li>▪ <i>¿Cuáles son para ti las diferencias entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo?</i></li> <li>▪ <i>¿Cuáles son tus razones para consumir agua de bebida embotellada</i></li> <li>▪ <i>¿Cuáles de estas ideas pueden ser científicamente contrastadas?</i></li> </ul>
Desarrollo. Resolución del problema	
<p><i>Fase II</i> <i>Construcción de conocimientos</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>¿Qué es el agua embotellada desde el punto de vista químico?</i></li> <li>▪ <i>¿Qué diferencias hay entre el agua del grifo y el agua embotellada?</i></li> </ul>
<p><i>Fase III</i> <i>Aplicación de conocimientos</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>¿Por qué bebemos agua embotellada?</i></li> </ul>
Finalización. Presentación de resultados	
<p><i>Fase IV</i> <i>Síntesis y recapitulación.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>¿Qué ventajas e inconvenientes presenta el consumo de agua del grifo y el de agua embotellada?</i></li> <li>▪ <i>¿Es necesario consumir agua embotellada? ¿Es mejor que la del grifo?</i></li> </ul>
<p><i>Fase V</i> <i>Reflexión sobre el aprendizaje y evaluación</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>¿Qué he aprendido sobre el tema?</i></li> <li>▪ <i>¿Qué me ha parecido esta forma de trabajar en el aula?</i></li> </ul>

## Diseño de las tareas de una prueba escrita para evaluar competencias científicas

Como se ha indicado antes, si reconocemos que el profesorado sigue manteniendo las pruebas escritas como medio principal para la evaluación de los estudiantes (Moreno Olivos 2011), introducir cambios en las tareas de evaluación, y en particular, en la manera en que formulamos las preguntas en los exámenes, permitiría mantener la coherencia con un enfoque de enseñanza basado en el desarrollo de competencias (Márquez y Sardá 2009, Cañal 2012b).

Desde esta premisa se ha procedido a planificar y diseñar una prueba con el propósito de comprobar en qué medida los escolares comprenden los contenidos trabajados en el aula y lo aplican a situaciones concretas de su entorno académico y cotidiano. En este sentido, las preguntas de la prueba o las tareas de evaluación deben enfatizar la demanda competencial de forma que puedan ser útiles para valorar el grado de desempeño de los alumnos en las tres competencias científicas trabajadas en la unidad didáctica (cuadro 1).

### Criterios para la elaboración de la prueba de evaluación

A continuación se desarrollan los criterios que se han utilizado para el diseño y selección del contenido de la prueba de evaluación. Algunos de ellos abordan aspectos generales a contemplar en cualquier prueba de evaluación (respecto a su contenido y forma), otros son



específicos para la evaluación de competencias y, finalmente, se atiende también a las variables contextuales del grupo de estudiantes a la que va destinada esta prueba:

- a) Contemplar de manera equilibrada las competencias científicas seleccionadas. En coherencia con el propósito de la prueba las tareas de evaluación deben abordar, de forma equilibrada, las tres competencias científicas establecidas por PISA: identificar (I), explicar (E) y utilizar pruebas (U) (cuadro 1).
- b) Utilización de contextos y situaciones relacionados con todos los bloques de contenidos abordados en la unidad didáctica. Para aumentar la representatividad de la prueba las tareas de evaluación deben ofrecer variedad de situaciones, académicas o cotidianas, donde aplicar los contenidos más relevantes desarrollados en el aula, tratando de evitar los aspectos más obvios (Bolívar 2010).
- c) Grado de novedad y complejidad de los contextos y/o situaciones de las tareas de evaluación con respecto a los utilizados en la secuencia didáctica. Dentro del contexto general del consumo de agua de bebida (del grifo o embotellada), las tareas de evaluación deben presentar situaciones de desempeño parecidas a las de enseñanza, así como otras situaciones, no específicamente trabajadas en el aula, pues se trata no solo de realizar tareas concretas sino de utilizar los saberes aprendidos en muy diversos problemas (Sanmartí 2009).
- d) Grado de familiaridad del alumnado con el tipo de tareas incluidas en la prueba. Dado que esta prueba se ha elaborado en el seno de un estudio de caso particular, se consideró importante contemplar como criterio adicional el grado de familiaridad del alumnado con el formato de la prueba. Por tanto, se procuró que no todas las tareas de evaluación, en su redacción y en su extensión, supusiesen actividades totalmente novedosas para ellos, optándose por una combinación de cuestiones más novedosas en cuanto a su contenido con otras que ofrecían situaciones de desempeño más cercanas a las planteadas en clase. Además, se cuidó que en su conjunto no fuese excesivamente larga y que pudiese ser realizada por el alumnado en una sesión de clase de 60 minutos.

### **Proceso de elaboración y estructura de la prueba de evaluación**

La siguiente fase del diseño consistió en la selección del contenido específico de la prueba. Para decidir qué cuestiones se presentarían a los estudiantes y qué actividades se debían diseñar para su evaluación se comenzó planteando un borrador de posibles preguntas que concretaban aspectos considerados especialmente importantes en el desarrollo de la secuencia. Tras un detallado análisis, por su representatividad y relevancia, y de acuerdo con el tiempo destinado a la prueba, quedaron finalmente seleccionados los nueve interrogantes que se muestran en la tabla 2, con idea de abordar con tres interrogantes cada una de las competencias científicas objeto de evaluación (criterio b). Para cada uno de estos interrogantes organizadores se redactó la correspondiente tarea de evaluación de manera que cada una de ellas pudiera vincularse, en la medida de lo posible, a solo una de las capacidades científicas recogidas en el cuadro 1.

Durante esta fase se prestó especial atención al objetivo de cada tarea y a la forma en que debían plantearse y construirse los enunciados de las mismas, para que expresasen de forma clara y directa, en un lenguaje sencillo y fácilmente comprensible, aunque con el rigor necesario, su contenido y lo que demandan del estudiante.

La consistencia y adecuación del contenido de cada ítem, así como su demanda competencial, fueron también concretados, a escala cualitativa, a través de otros docentes especialistas, que en calidad de expertos, juzgaron críticamente los enunciados permitiendo realizar los ajustes necesarios. No obstante, hay que hacer hincapié en que la vinculación de una tarea a uno o

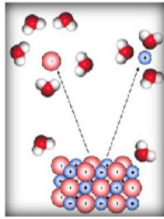
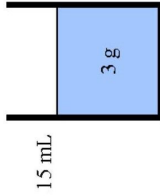
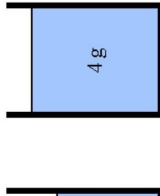

varios aspectos de las competencias científicas no es una cuestión simple: depende de su formulación concreta y del contexto de enseñanza en el que se considera. Así, por ejemplo, asumiendo que durante la enseñanza el alumno ha tenido suficientes oportunidades para conocer y aplicar un modelo de interacción entre partículas (Blanco 2000), la tarea 2 de la prueba (tabla 2) puede vincularse a la capacidad del alumno para describir y explicar el proceso de disolución de un cristal de sal común en agua basándose en un modelo o teoría.

Para concluir con la fase de selección y redacción de las tareas de evaluación se procedió a elegir el orden en que debían presentarse al estudiante, cuidándose que las tareas no quedaran agrupadas por el tipo de competencia objeto de evaluación. Para estructurar la prueba se siguió una lógica basada fundamentalmente en el grado de familiaridad del contenido de las tareas (criterio d): con objeto de aumentar la confianza de los estudiantes hacia la prueba, se presentaron en primer lugar aquellas tareas con un contenido más cercano a las situaciones de enseñanza planteadas en el aula.

Finalmente, y de acuerdo al proceso indicado, la prueba escrita se presentó al alumnado estructurada en nueve tareas de evaluación, de forma que cada una representara la concreción de una cuestión relevante, a la vez que se relacionaba con una de las capacidades incluidas en las tres competencias científicas antes indicadas (tabla 2).

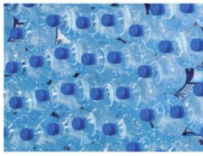
Como puede observarse la prueba contiene referencias a contenidos curriculares que forman parte la materia de Física y Química de 3º ESO, en especial a aquellos relacionados con el aprendizaje de las disoluciones y que, desde nuestro punto de vista, se consideran necesarios para poder interpretar y fundamentar distintos aspectos relacionados con la “cultura del agua embotellada”. Además, se implementaron varias cuestiones que hacían mención explícita a aspectos sobre los que existen actualmente cierta controversia social, y que pueden requerir la toma de decisiones fundamentadas al respecto (Royte 2008, España y Prieto 2010). Citamos como ejemplo los problemas asociados al consumo de agua embotellada, los efectos sobre la salud del consumidor o las distintas creencias asociadas con el consumo.

Tabla 2. Descripción de la prueba escrita de evaluación.

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL(*)	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO
<p>¿Crees que el agua del grifo es una disolución?</p> <p>El agua embotellada contiene sales. ¿Cómo podemos explicar que las sales se disuelvan en el agua?</p>	<p>1.- Explica por qué, químicamente hablando, el agua del grifo se considera una disolución. Indica todas las razones que se te ocurran para completar tu explicación.</p>  <p>2.- En el siguiente diagrama se presenta de forma gráfica un modelo de partículas que muestra la disolución de un cristal de sal común en agua. Utiliza este modelo para explicar detalladamente cómo ocurre el proceso de disolución.</p> <p>3.- En la cuestión anterior se utiliza un modelo de partículas para explicar cómo se disuelve la sal común en el agua.                      a) ¿Qué es un modelo científico?                      b) ¿Para qué se utilizan los modelos en Química?</p>	<p>Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada.</p> <p>Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.</p>	<p>Características y atributos básicos de una disolución.</p> <p>El proceso de disolución (modelo de interacción entre partículas).</p>	<p>El agua de bebida como sistema material.</p> <p>El agua de bebida como sistema material.</p>
<p>¿Cómo pueden los científicos explicar algo que no ven?</p> <p>El vaso con agua que contiene más azúcar, ¿es siempre el vaso que está "más dulce"?</p>	<p>4.- Se han preparado dos vasos con disoluciones de azúcar en agua. Con los datos que se indican justifica qué vaso está "más dulce". Justifica tu respuesta.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Vaso 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Vaso 2</p> </div> </div>	<p>Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.</p>	<p>Uso de modelos científicos.</p>	<p>El agua de bebida como sistema material.</p> <p>El agua de bebida como sistema material.</p>
<p>¿Es "pura" el agua embotellada?</p>	<p>5.- Se presenta una etiqueta encontrada en una botella de una marca de agua embotellada (parte anterior y posterior). Léela con atención:</p>  <p>¿Crees tú que esta agua de la botella es "agua pura, verdaderamente pura" como pone en la etiqueta? Justifica tu respuesta a partir de la información (términos o datos) que aparece en la etiqueta.</p>	<p>Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones.</p>	<p>Sustancias y mezclas. Composición del agua embotellada.</p>	<p>Comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo.</p>


(\*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006, 2009). Véase cuadro 1.

Tabla 2. Descripción de la prueba escrita de evaluación (continuación).

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL <sup>(*)</sup>	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO
¿Es muy distinta el agua embotellada del agua del grifo?	6.- Argumenta la veracidad o falsedad de la siguiente afirmación: <b>“El agua embotellada no tiene cal. Sólo el agua del grifo tiene cal”</b> . Indica todas las razones que puedas para completar tu respuesta.	Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.	Composición del agua embotellada.	Análisis razones para consumir agua embotellada.
Repercusiones del consumo de agua embotellada: ¿hay alguna relación entre beber agua embotellada y el gasto de energía?	<p>7.- Lee el texto siguiente con atención y responde a la pregunta planteada.</p>  <p><b>UN VASO DE AGUA<sup>(1)</sup></b></p> <p><i>El consumo de agua embotellada ha crecido incluso en lugares donde el agua del grifo es de calidad. En el año 2004 en todo el mundo se bebieron unos 154.000 millones de litros de agua envasada, un 57 % más que cinco años antes. El agua embotellada se extrae de manantiales y, frecuentemente, se envía a miles de kilómetros para su venta. Ese tráfico produce contaminación atmosférica por el uso de combustibles fósiles en el transporte. Por otro lado, la mayoría de las botellas están hechas de un tipo de plástico. Para fabricar este plástico se utiliza petróleo. Cada año se necesitan en todo el planeta 2,7 millones de toneladas de ese plástico para embotellar agua. Por último, una vez consumida el agua, la mayor parte de los envases terminan en la basura. Sólo se recicla un 20 %. Una de esas botellas abandonada en la naturaleza puede tardar hasta 1.000 años en degradarse y desaparecer por completo.</i></p> <p>¿Cuál de los siguientes problemas resumiría de forma más completa lo que se trata en el texto anterior?</p> <p>A. Transportar agua es muy caro.  B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.  C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.  D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.</p> <p>Justifica tu respuesta.</p> <p><sup>(1)</sup> Tomada de las Pruebas de Evaluación Diagnóstica para 2º ESO del País Vasco (Departamento de Educación, 2009).</p>	Reconocer los rasgos clave de la investigación científica.	Problemas asociados al consumo de agua embotellada.	Análisis razones para consumir agua embotellada.

(\*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006, 2009). Véase cuadro 1.

Tabla 2. Descripción de la prueba escrita de evaluación (continuación).

INTERROGANTES RELEVANTES	TAREAS DE LA PRUEBA DE EVALUACIÓN	ANÁLISIS COMPETENCIAL (*)	CONTENIDO DEL ÍTEM	BLOQUES DE CONTENIDO														
<p>¿Estarías mejor si bebes agua embotellada en lugar de agua del grifo? ¿Es siempre mejor el agua embotellada?</p> <p>¿Qué afirmaciones o creencias sobre el agua embotellada podrían estudiarse científicamente?</p>	<p>8.- Fíjate en el siguiente anuncio publicitario y léelo detenidamente:</p>  <p>Contesta a la siguiente pregunta: ¿"Te renovarías igualmente" si en vez de beber "agua pura de alta montaña" beberas "agua del grifo"? Explica tu respuesta.</p> <p>9.- A continuación, se indica una serie de afirmaciones relacionadas con el agua embotellada:</p> <table border="1" data-bbox="726 958 858 1579"> <tr> <td>a) Tiene menos cal</td> <td>f) Tiene más sales minerales</td> </tr> <tr> <td>b) Es más sana</td> <td>g) Es más pura</td> </tr> <tr> <td>c) La tomo por el precio</td> <td>h) Tiene más calidad</td> </tr> <tr> <td>d) Tiene mejor sabor</td> <td>i) Me gusta más</td> </tr> <tr> <td>e) La tomo por comodidad</td> <td>j) La tomo por los anuncios</td> </tr> </table> <p>Clasifica las anteriores afirmaciones en una de las dos columnas siguientes:</p> <table border="1" data-bbox="954 990 1125 1556"> <tr> <td>SI pueden ser investigadas científicamente</td> <td>NO pueden ser investigadas científicamente</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <p>Justifica tu respuesta.</p>	a) Tiene menos cal	f) Tiene más sales minerales	b) Es más sana	g) Es más pura	c) La tomo por el precio	h) Tiene más calidad	d) Tiene mejor sabor	i) Me gusta más	e) La tomo por comodidad	j) La tomo por los anuncios	SI pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente			<p>Identifi car los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones.</p> <p>Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente.</p>	<p>Diferencias entre el agua embotellada y el agua del grifo. Composición del agua embotellada.</p> <p>Creencias y opiniones sobre el agua embotellada. Composición del agua embotellada/del grifo.</p>	<p>Comparación entre el agua embotellada y el agua del grifo.</p> <p>Análisis de razones para consumir agua embotellada.</p>
a) Tiene menos cal	f) Tiene más sales minerales																	
b) Es más sana	g) Es más pura																	
c) La tomo por el precio	h) Tiene más calidad																	
d) Tiene mejor sabor	i) Me gusta más																	
e) La tomo por comodidad	j) La tomo por los anuncios																	
SI pueden ser investigadas científicamente	NO pueden ser investigadas científicamente																	

(\*) Principal contribución de la actividad al desarrollo de competencias científicas, categorizada en términos del esquema de PISA en ciencias 2006 (OCDE, 2006, 2009). Véase cuadro 1.

## Descripción y análisis de algunas de las tareas de la prueba de evaluación

A continuación se describen con más detalle algunas de las tareas con idea de ilustrar la evaluación de cada una de las competencias trabajadas en la unidad, analizando cómo se han aplicado en su elaboración los criterios antes mencionados y mostrando los esquemas utilizados para evaluar las respuestas de los estudiantes.

Las tres tareas que se describen a continuación presentan un orden creciente en cuanto al grado de novedad de las situaciones y contextos utilizados. Así, las dos primeras tareas, sin ser meramente reproductivas de los contenidos trabajados en el aula, sí contienen elementos similares a otras actividades contempladas en la secuencia, mientras que la tercera puede considerarse, desde este punto de vista, muy novedosa. Por otro lado, el formato de las tareas debe considerarse poco familiar para los alumnos a los que iba destinada.

*Tarea 1. Explica por qué, químicamente hablando, el agua del grifo se considera una disolución.*

Esta primera tarea, correspondiente al bloque de contenidos *Agua de bebida como sistema material* (cuadro 2), demanda que el estudiante aplique los conocimientos de química aprendidos para describir y explicar de una manera razonable y desde una orientación científica una situación particular de un contexto cotidiano, como es el consumo de agua de bebida. Más concretamente, el estudiante debe analizar el agua del grifo como sistema material desde el punto de vista de la química. A tal fin se le informa de que *el agua del grifo es una disolución* y debe utilizar los atributos y características básicas de las disoluciones para explicar por qué lo es. De esta forma se pretende que el estudiante construya una explicación científica coherente con la premisa indicada en el enunciado, y hacerlo de la forma más clara e inteligible posible, la cual, a su vez, constituye la respuesta a la situación–problema planteada.

Se trata de una tarea vinculada con la competencia de explicar fenómenos científicos (E), que permite evaluar la capacidad del alumno para aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada (cuadro1). La calidad de la respuesta dependerá del grado de desarrollo de esta capacidad cuyo avance se muestra en relación al nivel de significatividad, integración y funcionalidad de los conocimientos del alumno sobre los principales conceptos abordados (Cañal 2012a), en particular sobre las características básicas de las disoluciones que se han estudiado durante la secuencia. Además, el alumnado debe demostrar un correcto uso del vocabulario específico y una adecuada expresión, aspectos básicos relacionados con la competencia en comunicación lingüística que desempeña un papel central en la utilización de los conocimientos científicos para la descripción y explicación de fenómenos (Pedrinaci 2012).

La elaboración de una *buena* explicación científica por parte de los estudiantes debe atender a múltiples elementos: formato lingüístico adecuado, correcto uso del lenguaje, y en particular, de la terminología científica, la descripción del fenómeno a explicar, comprensión de la situación planteada, etc. (Gómez Galindo 2006, Martín-Díaz 2013). En este caso nos hemos centrado en dos aspectos básicos: qué información relevante acerca de las disoluciones utiliza el estudiante para explicar la situación planteada (corrección desde el punto de vista químico) y cómo construye esta explicación (corrección desde el punto de vista lingüístico y terminológico). Para valorar estos aspectos se ha diseñado la rúbrica que se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** Rúbrica de valoración para el análisis de las respuestas a la tarea de evaluación 1.

CRITERIOS DE VALORACIÓN	NIVELES DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
A. Construcción de la explicación desde el punto de vista lingüístico.	Utiliza palabras o términos sueltos, frases poco organizadas o inconexas.	La narración presenta cierto orden, pero contiene frases con incoherencias, repeticiones o errores sintácticos.	La narración se presenta bien organizada y secuenciada. Utiliza frases bien construidas pero pueden presentar imprecisiones o repeticiones de algunos términos de forma innecesaria.	La narración se presenta bien organizada y secuenciada. El contenido de la respuesta aparece con claridad y concisión.
B. Utilización de los términos propios del lenguaje químico.	No aparece ningún término del lenguaje químico adecuado a la situación planteada (mezcla, disolución, homogéneo, composición variable, soluto, disolvente).	En la explicación se utiliza el término “mezcla”, sin discriminar entre homogénea y heterogénea. Se refiere al agua del grifo solo como “mezcla”.	En la explicación se utilizan varios términos científicos, e incluye referencias a la “homogeneidad” de las disoluciones (el agua del grifo como mezcla homogénea).	Se utilizan todos los términos químicos mencionados con claridad y precisión, para caracterizar el agua del grifo como sistema material.

#### Tarea 5. ¿Es pura el agua embotellada?

La mayor *pureza* del agua de bebida embotellada respecto del agua del grifo constituye para los consumidores una de sus principales señas de identidad, y una de las principales razones para justificar su consumo (Ferrier 2001, Royte 2008). La presencia de la frase *Agua pura, verdaderamente pura* en una etiqueta real de agua embotellada y la diferencia de significados de este término en el lenguaje coloquial o científico se utilizan como contexto para plantear esta tarea de evaluación.

El contenido de esta tarea se corresponde con el bloque *Comparación entre el agua de bebida embotellada y el agua del grifo* (cuadro 2) y desde el punto de vista de las competencias científicas se trata de una tarea relativa a la de utilizar pruebas científicas (U); en concreto, se pretende evaluar la capacidad del alumno para interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones.

En este sentido, se requiere del estudiante que identifique y seleccione la información adecuada incluida en la etiqueta y, tras su análisis, elabore una conclusión razonada con los datos y evidencias disponibles, elementos básicos para la evaluación de esta capacidad (Jiménez Alexandre 2010, Bravo y Jiménez Alexandre 2013). Por otro lado, de acuerdo con Custodio y Sanmartí (2005), cuando el alumnado construye este tipo de respuestas razonadas demuestra no sólo su competencia en relación al contenido de la pregunta (comprender el tema con profundidad) sino también en relación al formato lingüístico que ha de utilizar para comunicar y expresarse con corrección, lo cual pone de manifiesto el relevante papel del lenguaje en el ámbito de las actividades de ciencias.

En la tabla 4 se presentan los distintos elementos de la rúbrica diseñada para el análisis y la valoración de las respuestas de los estudiantes a esta tarea, partiendo del modelo de análisis de la argumentación propuesto por Jiménez Alexandre (2010).

**Tabla 4.** Rúbrica de valoración para el análisis de las respuestas a la tarea de evaluación 5.

CRITERIOS DE VALORACIÓN	NIVELES DE DESEMPEÑO			
	1	2	3	4
A. Conclusión.	No plantea ninguna conclusión o es inadecuada.	Imprecisa o supuesta (“me parece que”, “creo que”).	Correcta pero no específica: “no es pura” (no se matiza el ámbito de validez: en sentido químico o cotidiano).	Correcta y específica (“químicamente no es pura”), diferenciando distintos usos de la palabra “pura”.
B. Justificaciones.	No justifica o la justificación no es adecuada.	Algún tipo de justificación (sin conocimiento químico) (“no es totalmente pura”).	Algún tipo de justificación con conocimiento químico implícito (“contiene sustancias”).	Justificación basada en el conocimiento químico (“el agua embotellada es una mezcla homogénea”).
C. Utilización de pruebas.	No utiliza pruebas o no son apropiadas.	Utiliza datos que no tienen carácter de prueba (“contiene proteínas y energía”).	Utiliza las pruebas específicas evidentes (“contiene calcio y sodio”).	Utiliza las pruebas específicas menos evidentes (“agua con gas”).

*Tarea 7. ¿Hay alguna relación entre beber agua embotellada y el gasto de energía?*

Comprender la información presentada en un texto y el manejo de habilidades propias del razonamiento científico son los aspectos básicos en los que se fundamenta esta tarea de evaluación (Departamento de Educación 2009). Su desarrollo requiere de la lectura de un texto expositivo, de una extensión media, que informa acerca de posibles repercusiones sociales asociadas con el consumo de agua de bebida embotellada; tras la lectura se ofrece una respuesta cerrada bajo el formato de opción múltiple, en la que se ofrecen varias opciones para que el estudiante elija una de ellas.

Debemos indicar que las cuatro opciones de respuesta podrían ser consideradas adecuadas; no obstante, el alumnado solo puede elegir aquella opción que de forma más completa represente el problema que se trata en el texto, siendo el objetivo que el estudiante llegue a establecer la relación entre el consumo de agua embotellada y el despilfarro energético, y justifique la opción elegida como la más adecuada.

La idoneidad de las distintas opciones de respuesta no puede inferirse de una lectura literal, sino que demanda de una lectura inferencial que desentrañe las ideas encerradas en el texto, pues algunos de los factores a considerar aparecen de manera implícita, lo que exige que el estudiante comprenda y relacione la información presentada. Por tanto, la lectura *como instrumento* (Marbà *et al.* 2009), cobra una especial relevancia en la correcta ejecución de esta tarea, y permite a su vez el desarrollo de la competencia lingüística.

Desde el punto de vista de las competencias científicas, con esta tarea el alumno debe mostrar su habilidad para resolver, a nivel cualitativo, el problema presentado a partir de un adecuado razonamiento. De esta manera, se evalúa la capacidad para reconocer los rasgos clave de la investigación científica relacionada con la competencia de identificar cuestiones científicas (I).

Para valorar las respuestas de los estudiantes a esta tarea se comenzó analizando el grado de adecuación de las cuatro opciones planteadas a la información suministrada en el texto. Así,



para cada opción de respuesta se identificaron los factores implicados y cómo estos eran citados en el texto. Esta herramienta de análisis se presenta en la tabla 5.

**Tabla 5.** Análisis de las opciones de respuesta a la tarea 7.

OPCIONES DE RESPUESTA	FACTORES QUE INTERVIENEN	¿SE CITAN EN EL TEXTO?	FORMA DE MENCIÓN
A. Transportar agua es muy caro.	Transporte del agua.	Sí	Explícita.
	Coste del transporte.	No	Podría inferirse.
B. Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.	Reciclado de las botellas.	Sí	Explícita.
	Dificultad del reciclado.	No	No se menciona.
C. Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.	Consumo de agua.	Sí	Explícita.
	Gasto de energía.	Sí	Implícita.
D. Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.	Elevado consumo	No	No se menciona.
	Agotamiento de los manantiales.	No	No se menciona.

Esta herramienta de análisis permitió establecer el orden en que cada opción de respuesta refleja mejor el grado de síntesis y adecuación a la información presentada en la actividad (tabla 6). La opción que mejor se adecua a la información suministrada en el texto es la opción C, que coincide con la indicada como respuesta correcta por el Departamento de Educación del País Vasco (Departamento de Educación 2009, 87).

**Tabla 6.** Adecuación de las opciones de respuesta a la tarea de evaluación 7.

<b>1. Opción C</b>	Consumir agua embotellada aumenta el gasto de energía.
	Se mencionan los dos factores intervinientes (“transporte y coste”) aunque uno de ellos (“coste del transporte”) de forma implícita.
<b>2. Opción A</b>	Transporta agua es muy caro.
	Se menciona el “factor transporte” pero no se menciona el “factor coste”, aunque este último podría inferirse.
<b>3. Opción B</b>	Es muy difícil reciclar las botellas de plástico.
	Se menciona el “factor reciclado” de forma explícita, pero no el “factor dificultad”.
<b>4. Opción D</b>	Los manantiales pueden secarse por el gran consumo de agua embotellada.
	No se menciona ninguno de los dos factores (“elevado consumo y agotamiento de manantiales”).

## Consideraciones finales

En este artículo se ha intentado poner de manifiesto la importancia de la evaluación como un aspecto clave para avanzar en el desarrollo de las competencias científicas por parte de los alumnos en la Educación Secundaria Obligatoria. Y, por otro lado, de la necesidad de tomar en consideración la situación de partida sobre las prácticas habituales de evaluación en las

clases de ciencia (Eurydice 2011), si se pretende realizar avances que puedan generalizarse y modificar dichas prácticas.

Se propone comenzar realizando cambios en las pruebas de evaluación que el profesorado de ciencias realiza durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos cambios, en consonancia con los que se lleven a cabo en los temas y en la metodología de enseñanza, se plantean en el seno de proyectos conjuntos entre investigadores y el profesorado de secundaria que los tienen que llevar a la práctica.

En este artículo se ha fundamentado y se ha descrito el proceso de diseño de una prueba escrita de evaluación de competencias científicas para una unidad didáctica centrada en el consumo de agua embotellada. En los criterios definidos para su elaboración así como el proceso seguido se recogen aspectos que pueden considerarse comunes a la elaboración de cualquier tipo de prueba, junto con otros específicos del desarrollo de competencias científicas. En concreto, la necesidad de partir de un enfoque concreto sobre cómo entender las competencias científicas, en este caso, el planteado por PISA (OCDE 2006, OECD 2009), que oriente claramente el proceso de enseñanza y de evaluación. Igualmente, se han tenido en cuenta algunas variables contextuales relativas al grado de novedad de la prueba (tanto en su contenido como en su formato) para el alumnado al que inicialmente va destinada. En definitiva, se trata de encontrar formas de llevar a cabo una evaluación válida y fiable de las competencias científicas de los estudiantes, como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Consideramos que el proceso de elaboración descrito, así como el contenido final de las pruebas pueden ser de utilidad para elaborar tareas de evaluación de competencias científicas en la enseñanza de las ciencias, especialmente en los enfoques de enseñanza basados en el uso de problemas y situaciones de la vida diaria (España, Blanco y Rueda 2012).

Reflexionar sobre qué tipos de prueba de evaluación plantean un avance en la evaluación de competencias científicas partiendo de una práctica centrada en la evaluación de conocimientos constituye, como se ha dicho, un primer paso. No obstante, entendemos que se puede y se debe seguir avanzando en la línea planteada por algunos autores sobre la evaluación de competencias en el contexto de situaciones y problemas más complejos (Arnau 2009) cuya resolución requiera la utilización integrada de varias de ellas (Cañal 2012c).

Lógicamente a las tareas de diseño, aquí descritas, deben suceder las relativas a la valoración del grado de desempeño de los alumnos en las competencias científicas objeto de evaluación, en las que actualmente se está trabajando. Se tratará de averiguar en cuáles de las tres competencias científicas objeto de evaluación (identificar, explicar y utilizar pruebas) los estudiantes muestran mayores niveles de desempeño, y para cada una de ellas cómo influyen las variables contextuales de las tareas de evaluación empleadas. Finalmente, también consideramos importante utilizar los resultados de las pruebas de evaluación de competencias para ayudar a los alumnos a aprender (Sanmartí 2011) y para evaluar la enseñanza, es decir, para potenciar el uso formativo de las pruebas escritas de evaluación.

#### **Agradecimientos**

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**

Arnau L. (2009) La complejidad de la evaluación de competencias. *Aula de Innovación Educativa*, 180, 33-36.

- Avargil S., Herscovitz O., Dori Y. (2012) Teaching thinking skills in context-based learning: Teachers challenges and assessment knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 207-225.
- Bell B. (2007) Classroom assessment of science learning, pp. 537-559 En Abell S., Lederman N. (Eds.). *Handbook of research on science education*. New Jersey, Estados Unidos: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Blanco A. (2000) Implicaciones didácticas de los estudios sobre las concepciones de los alumnos: las disoluciones, pp. 101-143. En Limón M. et al. (Eds.). *Aspectos didácticos de Física y Química (Química) 9*. Zaragoza: ICE.
- Blanco, A., Lupión, T. (Eds.) (2015) *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*. Santiago de Compostela: Andavira Editora.
- Blanco A., España E., González F. (2010) Un proyecto de investigación para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria, pp. 729-735. *XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Baeza, Jaén, 21-23 de julio de 2010.
- Blanco A., España E., Rodríguez F. (2012) Contexto y competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 9-18.
- Blanco A., Rodríguez F., Rueda J.A. (2011) ¿Es necesario consumir agua embotellada? *Aula de Innovación Educativa*, 207, 35-40.
- Bolívar A. (2010). *Competencias básicas y currículo*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Bravo B., Jiménez Alexandre M.P. (2013) ¿Criaríamos leones en granjas? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problema de acuicultura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 145-158.
- Bybee R.W. (1997) Towards an understanding of scientific literacy, pp. 37-68 En Graeber W., Bolte, C. (Eds.). *Scientific literacy. An international symposium*. Kiel, Alemania: IPN, Universidad de Kiel.
- Bybee R.W., McCrae B., Laurie R. (2009) PISA 2006: An assessment of scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 865–883.
- Cañal P. (2012a) La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes, pp. 241-266 En Pedrinacci E. (Coord). *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Cañal P. (2012b) ¿Cómo evaluar la competencia científica en secundaria? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 72, 75 – 83.
- Cañal P. (2012c) ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.
- Cañas A., Martín-Díaz M.J. (2010) ¿Puede la competencia científica acercar la ciencia a los intereses del alumnado? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, 80-87.
- Cañas A., Martín-Díaz, M.J., Nieda J. (2007) *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cañas A., Martín-Díaz M.J., Nieda J. (2008) ¿Debería nuestro currículo adaptarse más a la competencia científica de PISA? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 57, 32-40.
- CEJA (2008) *El modelo de evaluación de diagnóstico en Andalucía*. Sevilla: Consejería de Educación.

- Custodio E., Sanmartí N. (2005) Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. Granada, 7-10 de septiembre 2005.
- Departamento de Educación (2009) *Niveles de competencia en la evaluación de diagnóstico. 2º curso de Educación Secundaria Obligatoria*. Recuperado de: [http://ediagnostikoak.net/ediag/cas/item-liberados/ESO\\_definitivo/2ESO\\_definitivo.pdf](http://ediagnostikoak.net/ediag/cas/item-liberados/ESO_definitivo/2ESO_definitivo.pdf)
- Driver R. (1988) Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 109-120.
- España E., Prieto T. (2010) Los problemas socio-científicos como contexto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- España E., Blanco A., Rueda J.A. (2012) Identificación de problemas de la vida diaria como contextos para el desarrollo de la competencia científica, pp. 169-173. En Membiela P., Casado N., Cebreiros M.I. (Eds.). *Experiencias de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*. Ourense: Educación Editora.
- Eurydice (2011) *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. Recuperado de: [http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic\\_reports/133ES.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133ES.pdf)
- Fensham P. (2007) Competences, from within and without: new challenges and possibilities for scientific literacy, pp. 113-119 En Linder C., Östman L., Wickman P. (Eds.). *Promoting scientific literacy: science education research in transaction*. Proceedings of the Linnaeus Tercentenary Symposium held at Uppsala University. Uppsala, Suecia.
- 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.
- Ferrés C., Marbà A., Sanmartí N. (2015) Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/16922>
- Ferrier C. (2001) Bottled Water: Understanding a social phenomenon. *A Journal of the Human Environment*, 30(2), 118-140.
- Franco A.J., Blanco A., 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), 647-665.
- Gil D., 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*, núm. extraordinario, 295-311.
- Gimeno J. (2008) *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.
- Gómez Galindo A.A. (2006) Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista de Educación y Pedagogía*, 45(18), 73-83.
- Goodrich H. (2000) Using rubrics to promote thinking and learning. *Journal of Educational Leadership*, 57 (5), 13-18.
- Hernández F. (2006) El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido de aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación*, núm. extraordinario, 357-379.
- Jiménez Alexandre M.P. (2010) *Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.

- Marbà A., Márquez C., Sanmartí N. (2009) ¿Qué implica leer en ciencias? Reflexiones y propuestas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111.
- Márquez, C., Sardá A. (2009) Evaluar la competencia científica. *Aula de Innovación Educativa*, 186, 13-15.
- Martín-Díaz M.J. (2013) Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 291-306. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/15440>
- Mellado V. (2001) ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 17-30.
- Mellado V. (2011) Formación del profesorado de ciencias y buenas prácticas: el lugar de la innovación y la investigación didáctica, pp. 11-30 En Caamaño A. (Coord.). *Investigación, innovación y buenas prácticas*. Barcelona: Graó.
- Ministerio de Educación (2009) *PISA 2009. Informe Español*. Recuperado de: <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/horizontales/prensa/notas/2010/20101207-pisa2009-informe-espanol.pdf?documentId=0901e72b806ea35a>
- Ministerio de Educación y Ciencia (2006) *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 de enero de 2007).
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2013) *Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, de Mejora de la Calidad Educativa* (BOE núm. 295, 10 de diciembre de 2013).
- Monereo C. (2010) ¡Saquen el libro de texto! Resistencia, obstáculos, y alternativas en la formación de los docentes para el cambio educativo. *Revista de Educación*, 352, 583-597.
- Moreno Olivos T. (2011) La cultura de la evaluación y la mejora de la escuela. *Perfiles Educativos*, 131, 116-130.
- OCDE (2006) *PISA 2006. Marco de la evaluación, conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura*. Madrid: Santillana.
- OECD (2009) *PISA 2009. Assessment framework. Key competencies in reading, mathematics and science*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>
- OECD (2013) *PISA 2015. Draft science framework*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
- Olson E. (1999) Bottled water: pure drink or pure hype? *Natural Resources Defense Council (NRDC)*, marzo. Recuperado de: <http://www.nrdc.org/water/drinking/bw/bwinx.asp>.
- Pedrinaci E. (2012) Aprender ciencias es, en buena medida, aprender a leer, escribir y hablar ciencia, pp. 147-170 En Pedrinacci E. (Coord). *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pedrinaci E., Caamaño A., Cañal P., Pro. A. (2012) *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pérez Gómez A. (2014) Lo que no se dice de PISA. *Cuadernos de Pedagogía*, 442, 8.

- Pro A., Saura O. (2007) La planificación: un proceso para la formación, la innovación y la investigación. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 52, 39-55.
- Rodríguez Barreiro L.M., Gutiérrez F.A., Molledo J. (1992) Una propuesta integral de evaluación en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), 254-267.
- Rodríguez F., Blanco A. (2015) ¿Por qué bebemos agua embotellada? Una propuesta para la enseñanza de la Física y Química en 3º ESO. En Blanco A., Lupión T. (Eds.). *La competencia científica en las aulas. Nueve propuestas didácticas*. Ourense: Educación Editora.
- Rodríguez, F., Blanco A., Rueda J.A. (2011) Competencia científica y competencia digital en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada. En Ruiz J., Sánchez J. (Coords.). Buenas prácticas con TIC para la investigación y la docencia. II Congreso Internacional sobre Uso y Buenas Prácticas con TIC. Málaga: Universidad de Málaga, 14-16 de diciembre de 2011.
- Royte E. (2008) *Bottlemania. How water went on sale and why we bought it*. New York. Estados Unidos: Bloomsbury.
- Sánchez, G. y Valcárcel, M. (1993) Diseño de unidades didácticas en el Área de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Sanmartí N. (2009) Avaluar per desenvolupar competències. Avaluar competències. *Guix*, 359, 49-53.
- Sanmartí N. (2011) Evaluar para aprender, evaluar para calificar, pp. 193-211 En Caamaño A. (Coord.). *Didáctica de la Física y la Química*. Barcelona: Graó.
- Sanmartí N., Marchán I. (2014) ¿Cómo elaborar una prueba de evaluación escrita? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78, 1-10.
- Sanmartí N., Burgoa B., 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.
- Tonda P., Medina A. (2013) La formación del profesorado en la competencia evaluadora: un camino hacia la calidad educativa. *Enseñanza & Teaching*, 31(2), 167-188.
- Vilches A., Gil, D. (2010) El programa PISA: un instrumento para la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Iberoamericana de Educación*, 53, 121-154.
- Villar A., Poblete M. (2011) Evaluación de competencias genéricas: principios, oportunidades y limitaciones. *Bordón*, 63(1), 147-170.
- Yus R., Fernández M., Gallardo M., Barquín J., Sepúlveda M., Serván M. (2013) La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación*, 360, 557-576.
- Zabala A., Arnau L. (2007) *Once ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.