

¿QUÉ ASPECTOS DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA EVALÚAN LAS PRUEBAS DE ACCESO A LA UNIVERSIDAD EN LA ASIGNATURA DE QUÍMICA?

What aspects of the scientific competence are evaluated in entrance examinations to the University in the subject of Chemistry?

José María Oliva, Rosario Franco-Mariscal, María Luisa Almoraima Gil-Montero
Universidad de Cádiz

Correspondencia:
Mail: josemaria.oliva@uca.es

Recibido: 01/07/2016; Aceptado: 01/09/2016

Resumen

Se caracterizan las preguntas de la Prueba de Acceso a la Universidad en la asignatura de Química en las universidades andaluzas desde la perspectiva de sus demandas respecto a la competencia científica. Para ello se analizan 576 preguntas planteadas en el período 2002-2013, cuyos resultados indican sesgos y ausencias importantes para una evaluación integral de la competencia del alumnado en Química, sin apenas evolución con el tiempo. Es de destacar, en particular, una pobre presencia de aspectos experimentales de la química, relacionados con el diseño experimental y el trabajo práctico de laboratorio, y sobre todo una ausencia de preguntas que evalúen aspectos creativos y sobre la naturaleza de la química, o alrededor de problemas y situaciones de la vida cotidiana o de la dimensión tecnológica y ambiental. A partir del análisis se formulan implicaciones para la mejora de las pruebas externas selectivas y también para la formación del profesorado..

Palabras clave: Competencia científica; Evaluación; Exámenes; Pruebas de Acceso a la Universidad.

Abstract

From the point of view of the competences assessment, in this paper the Andalusian higher education access test in the subject of Chemistry is analysed. For this purpose, a content analysis was done, taking as reference 576 questions corresponding to the PAU questions raised between 2002 and 2013 in the Andalusian universities. The results indicate bias and important absences for a comprehensive assessment of the competence of students in chemistry, hardly any evolution over time. It is noteworthy, in particular, a poor presence of experimental aspects of chemistry, related to experimental design and practical laboratory work, and above all an absence of questions that assess creative aspects and about the nature of the chemistry or around its relations with problems and situations of daily life or the technological and environmental dimension. From the analysis implications for improving selective external testing and also for teacher training are formulated.

Keywords: Scientific competence; Evaluation; Examinations; Entrance exams to college; Chemistry.

INTRODUCCIÓN

Este artículo forma parte de un estudio más amplio dirigido a caracterizar las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU) en la asignatura de Química y a estudiar su repercusión en la enseñanza de esa materia en cursos preuniversitarios. En este caso el estudio se ha centrado en el primero de los propósitos, analizando las preguntas planteadas en las PAU de la Comunidad Autónoma de Andalucía (CAA). Consideramos de interés este tipo de estudios al objeto de proponer mejoras para el diseño de las mismas, o para el de otras pruebas externas que se implanten en el futuro para evaluar al sistema educativo o el desempeño del alumnado al finalizar el bachillerato. Dicho cambio podría impulsar, a su vez, cambios positivos en las prácticas de enseñanza del profesorado en ejercicio, dado que la evaluación no es algo independiente de los procesos de enseñanza, encontrándose profundamente ligada a la toma de decisiones educativas (Linn, 1987).

En un estudio anterior (Franco-Mariscal, Oliva y Gil-Montero, 2015), se analizó la tipología de preguntas formuladas en las pruebas de Química de Acceso a la Universidad en la Comunidad Autónoma Andaluza, según la naturaleza de la respuesta demandada en las mismas, para lo que se siguió la tipología propuesta por (Smith *et al.*, 2010). En este caso el análisis se aborda desde el punto de vista de las facetas que componen la competencia científica, enfoque ya empleado para el análisis de preguntas de pruebas PISA (Gallardo *et al.*, 2010), y de pruebas diagnósticas de educación secundaria obligatoria (Cañas, Lupión y Niedo, 2014; Gallardo *et al.*, 2014) o pruebas de nivel de entrada en cursos universitarios de Química general (Gil-Montero *et al.*, 2012).

MARCO TEÓRICO

El movimiento de las competencias, como foco actual de la educación, tiene su origen en el informe Delors (1996). Dicho informe establecía, entre otras cosas, distintos ámbitos en torno a los que articular el aprendizaje del alumnado, distinguiendo entre el “saber”, el “saber hacer”, el “ser” y el “estar”. Esta taxonomía, además de dirigir la atención de los docentes y de las instituciones educativas hacia diversidad de fines pedagógicos, ha servido para formular dimensiones de aprendizaje en contextos y contenidos específicos, en términos de competencias a desarrollar. Así, se considera que, además de un conocimiento del contenido, el desarrollo integral exige “...las habilidades y destrezas necesarias para aplicar y desarrollar los conocimientos adquiridos en cualquier contexto o situación, todo ello, sustentado en valores éticos, morales y culturales, comúnmente aceptados en el contexto social en el que nos desenvolvemos” (Benítez, 2006).

A lo largo de los años distintos autores han ido aportando diferentes definiciones al término de competencia; por ejemplo, según Laisner (2000), se entiende por competencia “un saber hacer complejo resultado de la integración, movilización y adecuación de capacidades, conocimientos, actitudes y habilidades utilizados eficazmente en situaciones que tengan un carácter común”.

Rychen y Tiana (2004) incluyen en su definición otros aspectos sociales y emocionales, definiendo competencia como: “Una combinación de habilidades prácticas y cognitivas interrelacionadas, conocimientos, motivaciones, valores y ética, actitudes, emociones y otros componentes sociales y comportamentales que pueden movilizarse conjuntamente para una acción eficaz en un contexto particular”.

Según todo ello, podemos decir que las competencias hacen referencia a la capacidad de poner en funcionamiento los conocimientos, las destrezas y las actitudes adquiridas en contextos determinados.

En relación a todo ello, hay que decir que hoy el sistema educativo está fuertemente influido por el movimiento de las competencias, constituyendo éstas ejes vertebradores del currículum en distintos niveles

educativos. Además, multitud de proyectos institucionales de evaluación de desempeño del alumnado van dirigidos a evaluar competencias, como ocurre por ejemplo con las pruebas PISA.

La diversidad de competencias que evalúa PISA es bastante amplia, incluyendo aspectos que se relacionan con la utilidad personal, la responsabilidad social y el valor intrínseco y extrínseco del conocimiento científico. Entre ellos, según Millar y Osborne (1998), los objetivos principales que persigue la educación en ciencias son la asimilación del conocimiento científico y el desarrollo de una actitud crítica y reflexiva en torno a la ciencia, considerando estos aspectos importantes para saber dónde se ha de poner énfasis y cómo debe orientarse la formación en ciencias a todas las personas (Fensham, 1985).

Son diversos los motivos por los que escogemos el marco de las competencias como foco del estudio a realizar. Así, la noción de competencia centra la atención en el alumno y aglutina distintos tipos de saberes, habilidades, destrezas, actitudes y valores, lo que permite aportar una visión integral de la educación científica (Harlen, 1989; Millar, 1996; Nieda, Cañas y Martín-Díaz, 2004; Vázquez-Alonso, Acevedo-Díaz y Manassero, 2005). Además, el dominio de las competencias viene acaparando un creciente interés en la propia didáctica de las ciencias (Blanco-López, España-Ramos, González-García y Franco-Mariscal, 2015), siendo un marco capaz de canalizar gran parte de la producción que se ha generado en torno a ella en los últimos años (Pro, 2012; Pedrinaci, Caamaño, Cañal y Pro, 2012).

Particularmente, la competencia científica ha sido analizada profusamente en la bibliografía sobre enseñanza de las ciencias. Como señala Blanco-López *et al.* (2015), la expresión “competencia científica” surge por primera vez en el contexto de la discusión suscitada sobre alfabetización científica a raíz de la edición 2006 del Programa PISA (Program for International Student Assessment), en la que las ciencias ocuparon un protagonismo clave. No obstante, no se debe confundir competencia científica con alfabetización científica. De un lado, porque hablar de competencia científica significa no solo pensar en una formación para la ciudadanía, sino también en el desarrollo de conocimientos científicos claves para seguir avanzando en cursos posteriores de ciencias, el fomento de vocaciones científicas y la preparación del alumnado en perfiles específicos orientados al mundo laboral. De otro, porque como bien apuntan Blanco-López *et al.* (2015), ni siquiera deberíamos asociar competencia científica ciudadana con alfabetización científica que tendría otras connotaciones distintas en algunos aspectos.

En castellano se cuenta con el referente del libro de Pedrinaci *et al.* (2012), en el que se discute la utilidad, el alcance y las implicaciones que tiene dicha noción a la hora de decidir qué ha de enseñarse, con qué propósito y de qué manera en el ámbito de la educación científica, así como de qué forma puede evaluarse. Dicha competencia se vincula, de un lado, con los procesos de búsqueda e indagación que caracterizan la actividad científica, en la que se plantean problemas, se formulan hipótesis, se recoge información, se analizan resultados y se formulan conclusiones. De otro se relaciona con la actividad de elaborar modelos, solo desde los cuales se puede entender la labor de búsqueda e indagación de la que hablamos. Además, se ha de destacar el desarrollo de distintos sistemas de códigos de representación, que vienen a constituir los canales a través de los que se representan las teorías, lo que da lugar a modelos de distinto tipo mediante los que se conectan el lenguaje con el experimento, el experimento con la representación, o la representación con el lenguaje (Merino e Izquierdo, 2011). Por tanto, la comunicación es una faceta esencial de la competencia científica, en íntima conexión con la capacidad de los alumnos para defender sus ideas a través de argumentos coherentes y ajustados a un marco de referencia y a las pruebas disponibles.

Hemos de destacar a todo este respecto la importancia que cobra la evaluación de competencias, espacio al que también se le ha dedicado atención a lo largo de la bibliografía. Como se ha podido ver, evaluar la competencia científica es una actividad compleja que requiere el uso de procedimientos que van

más allá de los exámenes tradicionales. Así, según Cañal (2012), la evaluación en la enseñanza habitual de las ciencias suele venir caracterizada por preguntas que:

- Se refieren directamente a los contenidos teóricos o algoritmos de resolución de problemas que se suelen trabajar en las clases de ciencias.
- Pueden responderse en muchos casos sin un aprendizaje verdaderamente significativo.
- Se plantean en contextos que no guardan relación con la vida cotidiana.

En definitiva, se tratan de preguntas con una concepción de la enseñanza de las ciencias y unos objetivos muy distantes de la finalidad de una enseñanza por competencias. En este sentido, el mencionado autor propone para la competencia científica una concepción en la que están presentes de forma integrada las capacidades del estudiante para utilizar el conocimiento científico con los siguientes fines:

- Describir, explicar y predecir fenómenos naturales.
- Comprender los rasgos característicos de la ciencia.
- Formular e investigar problemas e hipótesis.
- Documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él.

¿Pero qué facetas o dimensiones de la competencia científica ha de desarrollar el alumnado a lo largo de la educación secundaria y bachillerato? Existen distintas respuestas para esta pregunta, en función del marco escogido para abordarla: PISA, evaluaciones diagnósticas, legislación educativa, etc. Blanco-López *et al.* (2015), dentro de un proyecto de investigación más amplio sobre el fomento de la competencia científica para la ciudadanía, han realizado una taxonomía de dimensiones siguiendo el método *Delphi*, identificando conocimientos, destrezas, y actitudes y valores sobre los que se aprecia un cierto consenso en expertos españoles a la hora de valorar su importancia. Algunos de los aspectos contemplados en dicho análisis son de carácter genérico, como ocurre con la capacidad de “pensamiento crítico” o la habilidad de aprendizaje autónomo”. Otros, se refieren a otras disciplinas, como “conocimientos básicos matemáticos” o “conocimientos sobre la historia del mundo”. Además, algunos aluden a contenidos de ciencias muy específicos, como conocimientos “sobre el origen de la vida y la evolución” o sobre “cosmología”. Finalmente, se incluyen otros aspectos que, siendo más específicos del aprendizaje de las ciencias, se formulan de una manera transversal, de modo que pueden aplicarse a distintos temas del currículo. Es el caso de la “habilidad para observar”, el “conocimiento sobre leyes y teorías científicas” o la “comprensión y habilidad de uso del lenguaje científico”. Son precisamente estos últimos los que más nos interesan para dimensionar el sentido de la competencia científica, aunque sin olvidar las intersecciones existentes entre las tres primeras.

Al objeto de sistematizar todos estos aspectos, puede resultar útil la clasificación de finalidades previstas por Hodson para el aprendizaje de las ciencias (Hodson, 1996): “aprender ciencias”, “aprender a hacer ciencias” y “aprender acerca de las ciencias”. En este sentido, algunos autores (Gil-Montero *et al.*, 2012) han adaptado los aspectos de la competencia científica previstos por Blanco *et al.* (2010, 2015) al ámbito de cursos de Química general, y han cruzado, posteriormente, el listado resultante con las tres dimensiones del aprendizaje de las ciencias previstas por Hodson. Como resultado de ello, fue el desarrollo de una taxonomía que permitía clasificar las competencias demandadas en pruebas de nivel de entrada practicadas en facultades de ciencias. Esta taxonomía, como veremos, servirá aquí también como punto de partida sobre la que construir un sistema de categorías para identificar las competencias evaluadas en las PAU de Química. En ella se clasifican distintas facetas de la competencia en Química según tres componentes: “Saber Química” (componente esencialmente vinculada al conocimiento teórico), “Hacer/trabajar en Química” (componente procedimental), y “Actitudes y valores en Química” (en la que se integran conocimientos y valores sobre la naturaleza de la Química con actitudes científicas) (Tabla 1).

Tabla 1:

Ejemplos contextualizados dentro de la química, según diferentes dimensiones (Gil-Montero et al., 2012), de aspectos de la competencia científica definidos por Blanco et al. (2015).

Saber Química	Hacer/trabajar en Química	Actitudes y valores en Química
<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento acerca de las principales leyes y teorías de la química. • Conocimientos básicos de química. • Comprensión del lenguaje de la química. 	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidad para aplicar procedimientos en química. • Rigor y precisión. • Habilidad de razonamiento, análisis, interpretación y construcción de argumentos en relación a fenómenos y contenidos científicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valorar los logros de la química y las ventajas de los enfoques basados en el razonamiento científico. • Conocimiento básico acerca de la naturaleza del conocimiento químico. • Conocimiento del rol y la función de la tecnología y de la relación de la gente con ella.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Problema y cuestiones de investigación

El problema investigado consiste en el análisis de los aspectos de la competencia científica evaluados en las preguntas de las PAU de Química en la CAA. Concretamente se pretendía dar respuesta a la siguiente pregunta:

1. ¿Qué aspectos o facetas de la competencia científica se evalúan en la PAU de la asignatura de Química en Andalucía?
2. ¿Qué cambios, si es que los hay, se aprecian al respecto a lo largo de los últimos años?

Contexto investigado

Al igual que en el resto de Comunidades Autónomas, en Andalucía se proponen dos opciones en cada prueba PAU, entre las que el alumno ha de elegir una sola. En el caso específico del examen de Química, cada opción consta de seis ejercicios, cuatro de las cuales son cuestiones, que normalmente requieren un razonamiento cualitativo, y dos problemas de lápiz y papel, orientados siempre a la resolución de problemas tipo de carácter numérico. Más concretamente, la estructura es la siguiente:

- Una cuestión sobre formulación y nomenclatura química con seis apartados (4 fórmulas inorgánicas y 2 fórmulas orgánicas; tres para nombrar y tres para formular).
- Tres cuestiones sobre conocimientos teóricos o de aplicación de los mismos, que suelen abarcar, a su vez, dos o tres apartados. Cada una de estas cuestiones se califica con una puntuación máxima de 1,5 puntos repartida en los apartados correspondientes.
- Dos problemas numéricos de aplicación de los principios, conceptos y procedimientos de la química. Suelen tener dos apartados cada uno de ellos, tratándose de problemas cerrados basados en la identificación y aplicación de algoritmos previamente aprendidos. La puntuación de cada problema es de cero a dos puntos, repartidos en los apartados correspondientes.

La ponencia de Química de Andalucía elabora cada curso académico 6 propuestas de examen para el curso siguiente, dos de ellas son utilizadas en las convocatorias de junio y de septiembre respectivamente, y las cuatro restantes son reservas. Cada una de estas propuestas tiene sus opciones A y B, por lo que se estaría hablando de un total de 12 exámenes diferentes elaborados anualmente.

Las pruebas son diseñadas por distintas "ponencias" mixtas que se constituyen, una para cada provincia, integrando profesorado de educación secundaria y de universidad. Al objeto de distribuir el trabajo, los distintos temas del currículo se reparten entre las distintas provincias con un año de antelación,

empezándose la tarea de elaborar preguntas, que luego se intercambian entre provincias, se validan y, finalmente, se seleccionan por consenso para confeccionar las pruebas.

Así se confeccionan hasta seis exámenes, cada uno con su opción A y con su opción B, y se procede a resolverlos. Con posterioridad, se calibra la complejidad de cada opción propuesta intentando equilibrarlas para homogeneizar su dificultad. Si alguna pregunta se teme que pueda generar dudas, se modifica o se cambia por otra.

Recogida y análisis de la información

Para responder al problema objeto de investigación se caracterizaron las preguntas planteadas en las 12 ediciones de selectividad de Química que van desde 2002 hasta 2013 incluido, 288 en total, y otras tantas de reserva, elegidas al azar, aunque siguiendo un procedimiento estratificado de selección que asegurase una composición comparable con las pruebas empleadas en las convocatorias de junio y septiembre. Por tanto, la muestra de preguntas analizadas alcanzó el valor de N=576. El contar con un margen amplio de doce años ha permitido, además, estudiar si se han producido o no cambios con el tiempo en ese sentido.

El sistema de categorías empleado se expresa en la tabla 2, y es una adaptación del propuesto en el citado estudio de Gil-Montero *et al.* (2012). En el marco teórico justificamos los criterios a partir de los cuales se ha elaborado, así como las bases teóricas y los antecedentes que sirven de apoyo a su formulación.

Tabla 2.

Caracterización de preguntas según aspectos evaluados de la competencia científica.

Categorías	Subcategorías y códigos correspondientes
SQ Saber Química	SQ1. Conocimientos de los conceptos, leyes y teorías principales de la Química.
	SQ2. Conocer los tres ámbitos esenciales de representación en química: el macroscópico, el nanoscópico y el simbólico; así como las conexiones entre ellos.
	SQ3. Retención de información necesaria para el pensamiento químico.
	SQ4. Conocimiento del material básico de laboratorio y de su utilidad.
HTQ Hacer y Trabajar en Química	HTQ4. Concebir estrategias para resolver problemas ante situaciones de la vida diaria.
	HTQ5. Ser capaz de diseñar experiencias y experimentos dirigidos a ahondar en el conocimiento y someter a prueba las hipótesis manejadas.
	HTQ7. Manejo simultáneo de distintos tipos de representaciones químicas (macroscópico, nanoscópico y simbólico), siendo capaz de “saltar” de unas a otras.
	HTQ8. Capacidad para buscar, analizar, sintetizar y comunicar la información.
	HTQ9. Competencia digital en el trabajo y en el aprendizaje en química.
AVQ Actitudes y valores en Química	HTQ12. Capacidad para realizar estimaciones y aproximaciones
	AVQ1. Actitud de curiosidad y espíritu crítico.
	AVQ2. Valoración de la utilidad de la química para nuestras vidas y en el mundo actual.
	AVQ3. Valorar la naturaleza racional y empírica de la química.
	AVQ4. Conceptualizar el conocimiento en química como algo provisional, que puede cambiar y evolucionar con el tiempo.
	AVQ5. Concebir y aceptar el carácter limitado y aproximativo del conocimiento científico (el de la química en particular), y no como verdades absolutas.
	AVQ6. Valorar el rigor y la precisión dentro de la química.
	AVQ7. Concebir la química como una actividad colectiva dentro de la comunidad científica, más como fruto de la labor de químicos aislados.
	AVQ8. Valorar los riesgos del trabajo de laboratorio y las normas de seguridad.
	AVQ9. Comprender y ser capaz de establecer relaciones dentro del polinomio “Química-Tecnología-Sociedad”.
AVQ10. Desarrollar actitudes responsables y acciones para un futuro sostenible.	

A la hora de analizar las preguntas, lo habitual fue que se asignara más de una categoría a cada una de ellas, en unos casos por estar integrada por varios subapartados, y en otros por involucrar varias facetas de la competencia científica. La tabla 3 presenta ejemplos para aclarar la naturaleza del proceso de categorización seguido.

El análisis ha sido llevado a cabo independientemente por dos investigadores, quienes consensuaron previamente los sistemas de categorías a emplear y los criterios de análisis correspondientes. Las concordancias entre jueces fueron bastante altas, con valores del coeficiente “k” de acuerdo entre jueces que oscilaban entre .77 y 1.00. Las discrepancias se resolvieron por consenso tras diversas deliberaciones.

Todos los análisis cuantitativos se realizaron mediante el programa IBM SPSS Statistics, versión 21.

Tabla 3

Ejemplos de preguntas con los códigos asignados.

Ejemplo: 04JA4	Ejemplo: 07JB2
“Una bombona de butano (C ₄ H ₁₀) contiene 12 kg de este gas. Para esta cantidad calcule: a) El número de moles de butano. b) El número de átomos de carbono y de hidrógeno. Masas atómicas: C = 12; H = 1”.	“Para las moléculas CCl ₄ , NH ₃ y BeCl ₂ : a) Determine su geometría mediante la teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia. b) ¿Qué tipo de hibridación presenta el átomo central? c) Razone si esas moléculas son polares”.
SQ1, SQ2, SQ3, HTQ2	SQ1, SQ2, HTQ6, HTQ7

RESULTADOS

La tabla 4 muestra las frecuencias y porcentajes de preguntas con evaluación de aspectos referidos a Saber Química (SQ). Se aprecia que, en la mayoría de preguntas, es necesario el conocimiento sobre el significado del lenguaje químico (fórmulas, ecuaciones químicas, configuraciones electrónicas, etc.), y en una gran parte de ellas, también, conocimientos sobre conceptos, leyes y teorías básicas en Química. Esto es un resultado lógico, por cuanto el desarrollo de la competencia científica exige el uso de conocimientos básicos teóricos sobre el dominio en cuestión, en este caso de química.

Tabla 4

Porcentaje de preguntas con evaluación de facetas relacionadas con “Saber Química”.

Aspectos evaluados	Número de preguntas	% (N=576)
SQ1 Conocimientos de conceptos, leyes y teorías	479	83.2
SQ2 Significado del lenguaje químico	566	98.3
SQ3 Retención de información	305	53.0
SQ4 Conocimiento del material de laboratorio	7	1.2

Por otra parte, algo más de la mitad de las preguntas requieren retención memorística de información específica, por ejemplo símbolos, valencias, números de oxidación, tabla periódica, producto iónico del agua, condiciones normales, número de Avogadro, criterio de acidez/basicidad del pH, criterio de espontaneidad, unidades, etc.

Finalmente, destaca que solo en un 1.2% de las preguntas se pide que el alumno tenga conocimiento del material básico de laboratorio, porcentaje que nos parece extraordinariamente bajo en relación a los datos restantes.

La tabla 5, por su parte, muestra la frecuencia de preguntas que evalúan aspectos sobre Hacer/Trabajar en Química (HTQ). Puede verse que, de los doce aspectos manejados, solo seis estuvieron presentes en las preguntas, concretamente: realizar cálculos y aplicaciones directas, realizar predicciones e hipótesis, analizar e interpretar situaciones o argumentar en torno a ellas, manejar distintos tipos de representaciones químicas, uso de herramientas matemáticas, y manejo adecuado de material de laboratorio.

Tabla 5

Porcentaje de preguntas relacionadas con facetas de "Hacer/Trabajar en Química".

Aspectos evaluados	Número de preguntas	% (N=576)
HTQ2 Cálculos y/o aplicaciones directas	426	74.0
HTQ3 Predicciones e hipótesis	72	12.5
HTQ6 Análisis, interpretación, argumentación	143	24.8
HTQ7 Distintos tipos de representaciones	42	7.3
HTQ10 Uso de herramientas matemáticas	100	17.4
HTQ11 Manejo del material de laboratorio	7	1.2

Como se puede apreciar, en la mayoría de preguntas (74%) se ven implicados cálculos y aplicaciones directas. Mientras tanto, otras destrezas se demandan en bastantes menos ocasiones. Concretamente, le siguen la capacidad de razonamiento, análisis, interpretación y argumentación, con un 24.8%, el uso de herramientas matemáticas, con un 17.4% y, ya a mucha distancia, la formulación de predicciones e hipótesis (12.5%), el uso simultáneo de distintos tipos de representaciones químicas (7.3%) y el manejo del material básico de laboratorio y detalles sobre aspectos experimentales (solo el 1.2%); este último, un aspecto casi totalmente olvidado.

Se aprecia, por otra parte, una carencia total de las seis restantes subcategorías relacionadas con "Hacer/Trabajar en Química" (HTQ), que no se incluyen en la tabla 5, y de la totalidad de "Actitudes y Valores en Química (AVQ) contempladas en la tabla 2. Aunque algunas de ellas son difíciles de evaluar en una prueba escrita, como es el caso de la competencia digital (HTQ9) o la relativa a la búsqueda de información (HTQ8), sí nos parece viable abordar otras como vincular los contenidos evaluados con situaciones de la vida diaria (HTQ4), lo que permitiría evaluar de forma indirecta la curiosidad del alumno y su interés por la química (AVQ1, AVQ2). También sería posible plantear preguntas de diseño de experimentos para someter a prueba las hipótesis manejadas (HTQ5), de realización de estimaciones y aproximaciones (HTQ12), de valoración de riesgos y medidas de seguridad en el laboratorio (AVQ8), o sobre naturaleza de la química (AVQ3, AVQ4, AVQ5 y AVQ6). Así mismo sería posible y recomendable el planteamiento de preguntas sobre relaciones "Química-Tecnología-Sociedad" (AVQ9) y, particularmente, sobre medio ambiente y sostenibilidad (AVQ10).

En suma, se echan en falta preguntas sobre aspectos muy importantes de la competencia científica, concentrándose la mayoría de los evaluados en conocimientos teóricos, aplicación directa de los conocimientos aprendidos, explicar e interpretar fenómenos o situaciones, o formular hipótesis y predicciones. Sin embargo, aquellos aspectos prácticos relacionados con el trabajo experimental de laboratorio, los relacionados con el establecimiento de vínculos entre química y vida diaria, o los que afectan a la naturaleza de la química, se encuentran en abrumadora minoría, cuando no totalmente ausentes. Se

manifiesta así planteamientos totalmente opuestos con las orientaciones CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), que tanta importancia tienen hoy en la didáctica de las ciencias, y que se reclaman incluso desde el propio currículo oficial:

“El desarrollo de esta materia [Química] debe contribuir a la familiarización con la naturaleza de la actividad científica y tecnológica [...] prestando atención a las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, en particular a las aplicaciones de la química, así como su presencia en la vida cotidiana, de modo que contribuya a una formación crítica del papel de la química en la sociedad” (MEC, 2007, p. 45451).

Entendemos por tanto, que estas ausencias son carencias importantes en estas pruebas y un aspecto a mejorar en futuras pruebas que se implanten.

Al objeto de analizar si se ha producido algún tipo de evolución en las pruebas a lo largo de los doce años escrutados, se realizó un estudio comparativo segmentando dicho período en tres partes: 2002-2005, 2006-2009, 2010-2013. En concreto, la tabla 6 muestra, en función del tiempo, las frecuencias de preguntas para las distintas categorías contempladas en la dimensión “Saber química”. Puede verse que apenas hay cambios con el tiempo. De hecho, los pequeños cambios que pueden apreciarse no son en ningún caso estadísticamente significativos (prueba del Chi cuadrado, $p > .05$).

Tabla 6

Frecuencia de aparición de distintos aspectos de la competencia científica relacionados con “Saber Química” en función de cada período.

Aspectos evaluados	%		
	02-05	06-09	10-13
SQ1 Conocimientos de conceptos, leyes y teorías	83,3	83,3	82,8
SQ2 Significado del lenguaje químico	98,4	97,4	99,0
SQ3 Retención de información	51,6	52,1	55,2
SQ4 Conocimiento del material básico de laboratorio	1,0	1,6	1,0

Análogamente la tabla 7 muestra un estudio comparativo similar, pero esta vez para las distintas categorías contempladas para la dimensión “Hacer/Trabajar en Química”. Al igual que antes aparecen resultados muy similares para los distintos períodos de tiempo considerados. Si acaso, se aprecia ahora tímidos cambios, como un ligero aumento en la presencia de preguntas de “Análisis, interpretación y argumentación”, a costa de una leve reducción de otras como de “Aplicación directa”. No obstante, tampoco en esta ocasión la prueba del chi-cuadrado arrojó diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las categorías.

Tabla 7

Frecuencia de aparición de distintos aspectos de la competencia científica relacionados con “Hacer/Trabajar en Química” en función de cada período.

Aspectos evaluados	%		
	02-05	06-09	10-13
HTQ2 Cálculos y/o aplicaciones directas	74.5	76.0	71.4
HTQ3 Predicciones e hipótesis	13.5	11.5	12.5
HTQ6 Análisis, interpretación, argumentación	21.9	25.0	27.6
HTQ7 Distintos tipos de representaciones	6.3	8.9	6.8
HTQ10 Uso de herramientas matemáticas	16.1	18.8	17.2
HTQ11 Manejo del material de laboratorio	1.0	1.6	1.0

Por tanto, hemos de resaltar un alto nivel de estabilidad con el tiempo de los porcentajes encontrados para las diferentes categorías, lo que indica una mínima evolución de las pruebas desde el punto de vista de los aspectos evaluados de la competencia científica. Ello refleja una escasísima proyección de los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias, sobre los criterios y planteamientos a partir de los que se confeccionan estas pruebas; ya que no se aprecian apenas cambios en el contenido ni en la estructura de las mismas.

Por tanto, hemos de resaltar un alto nivel de estabilidad con el tiempo de los porcentajes encontrados para las diferentes categorías, lo que indica una mínima evolución de las pruebas desde el punto de vista de los aspectos evaluados de la competencia científica.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Corroborando estudios anteriores (Franco-Mariscal *et al.*, 2015), en éste también hemos comprobado que las PAU de Química en la CAA presentan severos sesgos e importantes carencias, no solo en los contenidos temáticos sobre los que se evalúa y en el tipo de preguntas planteadas, como vimos entonces, sino también desde el punto de vista de los aspectos de la competencia científica que demandan.

En cuanto a la dimensión de “Saber Química”, se evalúa con suma frecuencia el significado del lenguaje químico y el conocimiento de conceptos, leyes y teorías. También en una parte de las ocasiones, las preguntas requieren retención de información. No obstante, son muy pocas las preguntas que exigen conocimiento en torno al material instrumental de laboratorio, sencillamente porque las preguntas sobre prácticas de laboratorio son extraordinariamente escasas.

Con respecto a la dimensión de “Hacer/Trabajar en Química”, solo seis aspectos, de los doce contemplados, se evalúan en las pruebas: realizar cálculos y aplicaciones directas, realizar predicciones y formular hipótesis, analizar e interpretar situaciones o argumentar en torno a ellas, manejar distintos tipos de representaciones químicas, uso de herramientas matemáticas y manejo adecuado de material de laboratorio. No obstante, prácticamente en sus tres cuartas partes, las tareas que se demandan corresponden a cálculos y aplicaciones directas de lo aprendido, y en mucha menor proporción, a la capacidad de razonamiento y análisis, la formulación de hipótesis, el manejo de distintos tipos de representaciones químicas y el uso adecuado del material de laboratorio. Justamente, en la medida en que la tarea demandada se acerca a lo que es una actividad de indagación y de modelización en química, la proporción de preguntas planteadas decae ostensiblemente. Incluso, algunos de los aspectos contemplados en la taxonomía empleada no aparecieron en ni una sola ocasión. Es el caso de tareas de resolución de problemas en situaciones de la vida diaria, del diseño de experiencias de contraste de hipótesis, o de realización de estimaciones y aproximaciones.

Peor aún es la situación de la evaluación de actitudes y valores en torno a la naturaleza, utilidad y limitaciones de la química, que no son abordados de modo explícito en ninguna de las preguntas: utilidad e importancia de la química en nuestras vidas, valoración de la naturaleza empírica de los hechos en química y el carácter racional de sus teorías, conceptualización del conocimiento en química como algo limitado y provisional, que puede cambiar y evolucionar con el tiempo, valoración de riesgos en el trabajo de laboratorio, etc. Ello a pesar del esencial papel que juega esta dimensión en el aprendizaje de la ciencia, en general, y de la química, en particular.

Según los resultados obtenidos, el tipo de evaluación presente en las PAU de Química, se encuentra muy cercana a la que Cañal (2012) describe para una enseñanza tradicional, alejándose sustancialmente de la que dicho autor propone para una evaluación basada en competencias, y de las que deberían orientar una formación integral del alumno desde el punto de vista de su competencia científica (Blanco-López *et al.*, 2015). Además, puede decirse que tanto los planteamientos propios de una enseñanza por indagación,

como por modelización o desde una orientación CTS, se encuentran casi totalmente ausentes del conjunto de aspectos que son considerados importantes para un adecuado aprendizaje de la química a lo largo del bachillerato. Ello a pesar de que tales aspectos han tenido, y siguen teniendo, una enorme presencia en los trabajos de investigación al uso durante las dos últimas décadas. El hecho de que no se experimenten apenas cambios en lo que se evalúa en estas pruebas desde principios de la pasada década hasta aquí, indica una pobre o nula incidencia de los resultados de la investigación en los criterios que se manejan en la elaboración de las mismas. Indirectamente sugieren, también, una escasa o nula repercusión de la didáctica de las ciencias sobre las prácticas de enseñanza en los institutos, dado que, al fin y al cabo, las pruebas de evaluación suelen elaborarse proyectándose sobre ellas los criterios didácticos y las prácticas desarrolladas en sus aulas por aquellos quienes las elaboran (Franco-Mariscal *et al.*, 2015; Oliva, Franco-Mariscal y Gil-Montero, 2016).

Las conclusiones mostradas tienen importantes implicaciones en el ámbito educativo al menos en dos direcciones. La primera se refiere a la necesidad de una profunda reorientación en la naturaleza y estructura de estas pruebas, o de las que pudieran emplearse en el futuro para regular el acceso del alumnado a la Universidad o como pruebas reválida. Dado que los contenidos y el formato de las PAU condicionan la actividad docente (Banet, 2007), el desarrollo de mejores pruebas y más equilibradas, contribuirá a fomentar que esas dimensiones del aprendizaje sean más valoradas por profesores y alumnos, y también más y mejor practicadas en las clases. Resulta esencial, en este sentido, realizar una cuidadosa reconsideración de aquello que debe ser evaluado al objeto de evitar que la evaluación se limite a dimensiones parciales del aprendizaje o a los aspectos que son más fáciles de valorar (Gil y Vilches, 2006). Sobre todo teniendo en cuenta que las evaluaciones externas, si están bien planteadas, podrían reorientar la enseñanza de las ciencias hacia propuestas innovadoras coherentes con las aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias (Acevedo, 2005; Gil y Vilches, 2006; Tamir, 1998). De ahí que sea tan importante contar con pruebas externas equilibradas y que incorporen ideas surgidas de la didáctica de las ciencias, con objeto de promover cambios en la enseñanza (Acevedo, 2005; Hernández Hernández, 2006). Como señala Sanmartí (2003), está bien estudiado que los cambios en el currículo y en las metodologías docentes “no viene tanto de la implantación de nuevos programas por parte de los gobiernos, como de los cambios en pruebas externas” (Sanmartí, 2003, p. 11).

La segunda implicación afecta a la formación inicial y permanente del profesorado dada la necesidad de analizar a través de ella las relaciones que se establecen entre pruebas externas, práctica docente e innovación educativa. Al lado del necesario cambio de orientación de las PAU de la que hablamos antes, resulta imprescindible atacar el problema de la inercia al cambio en la cultura docente y la resistencia a las innovaciones en la enseñanza; y ello solo es posible desde la formación del profesorado, considerando esta temática como parte del conocimiento profesional docente. Por tanto, la problemática de las pruebas externas debería ser objeto de análisis explícito durante la formación del profesor de ciencias, como un contenido en torno al que reflexionar, discutir y proponer iniciativas concretas. En este sentido, resulta esencial que el docente se arme de estrategias y recursos orientados a una mejor gestión de este problema, lo cual creemos que es posible. De hecho, existen indicios de que son justamente los profesores con cierto bagaje o contacto con la investigación e innovación didáctica, aquellos que mejor parecen gestionar también el problema situándose en una posición intermedia de compromiso entre avanzar hacia una adecuada competencia científica del alumnado y prepararles para estos exámenes (Oliva, Franco-Mariscal y Gil-Montero, 2016).

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2005). TIMSS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 282-301.
- Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en Secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- Benítez, A. (2006). Las competencias básicas en la LOE. *Revista Escuela Española*, 3701.
- Blanco, A., España, E. y González, F. J. (2010). Un proyecto de investigación para el fomento de la competencia científica en la educación obligatoria. En A. Quesada A. y A. Abril (eds.), *Actas de los XXIV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.729–735). Jaén: Universidad de Jaén.
- Blanco-López, A., España-Ramos, E., González-García, F.J. y Franco-Mariscal, A.J. (2015). Key Aspects of Scientific Competence for Citizenship: A Delphi Study of the Expert Community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164-198.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, pp. 5-17.
- Cañas, A.; Lupión, T. y Nieda, J. (2014). Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de ciencias de la naturaleza de 2º de la ESO en Andalucía. *Alambique*, 76, 63-70.
- Delors (1996). *La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana-UNESCO.
- Fensham, P. J. (1985). Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17(4), 415-435.
- Franco-Mariscal, R.; Oliva, J.Mª y Gil-Montero, A. (2015). Análisis de contenido de las pruebas de acceso a la universidad en la asignatura de Química en Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 456-474. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/17602>
- Gallardo Gil, M., Mayorga Fernández, Mª.J. y Sierra Nieto, J.E. (2014). La competencia de 'conocimiento e interacción con el mundo físico y natural': Análisis de las pruebas de evaluación de diagnóstico de Andalucía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 160-180. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10498/15973>
- Gallardo-Gil, M., Fernández-Navas, M., Sepúlveda-Ruiz, Mª.P., Serván, Mª.J., Yus, R. y Barquín, J. (2010). PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el Área de Ciencias. *RELIEVE*, 16(2), 1-17. Recuperado de: http://www.uv.es/RELIEVE/v16n2/RELIEVEv16n2_6.htm
- Gil Pérez, 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*, extraordinario, 341, 295-311.
- Gil-Montero, A., Simonet-Morales, M., Blanco-Montilla, G. y Oliva, J.M. (2012). Analysis of Preliminary Diagnostic Tests on New Students in Scientific Degrees: a Case Study. En. G. Rodríguez-Gómez (Ed.), *The Need for Educational Research to Champion Freedom, Education and Development for All*. European Conference On Educational Research (ECER), Cádiz, España.
- Harlen, W. (1989). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. MEC-Morata. Madrid.
- Hernández Hernández, F. (2006). El informe PISA: una oportunidad para replantear el sentido del aprender en la escuela secundaria. *Revista de Educación*, (número extraordinario), 357-379.
- Hodson, D. (1996). Practical work and school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- Laisner, F. (2000). *Reússir la formation par competences*. Montreal: Guérin.
- Linn, M.C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 191-216.
- MEC (2007). Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. *BOE*, 266, 45381-45477. Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/11/06/pdfs/A45381-45477.pdf>
- Merino, C. e Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación Química*, 22(3), 212-223.
- Millar, R. (1996). Towards a science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77, 7-18.
- Millar, R.; Osborne, J. y Nott, M. (1998). Science education for the future. *School Science Review*, 80, 19-24.
- Nieda, J.; Cañas, A. y Martín-Díaz, Mª.J. (2004). *Actividades para evaluar Ciencias en Secundaria*. Madrid. Aprendizaje Antonio Machado Libros.
-

- Oliva, J.M^a, Franco-Mariscal, R. y Gil-Montero, M.L.A. (2016). Las pruebas de acceso a la universidad y la inclusión de contenidos Ciencia-Tecnología-Sociedad en los currículos de Bachillerato. *Indagatio Didactica*, 8(1), 2074-2086. Recuperado de: <http://revistas.ua.pt/index.php/ID/article/view/4014/3696>
- Pedrinaci, E.; Caamaño, A.; Cañal, P. y Pro, A. (2012). La evaluación de la competencia científica requiere nuevas formas de evaluar los aprendizajes. En Pedrinaci, E. (coord.), *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Graó.
- Pro, A. (2012). Hacia la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 5-8.
- Rychen, D.S. y Tiana, A. (2004). *Developing Key Competencies in Education: Some Lessons From International And National Experiences*. UNESCO Publishing/IBE, p-21.
- Sanmartí, N. (2003). Evaluación externa, por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 37, 9-18.
- Smith, K.C., Nakhleh, M.B. y Bretz, S.L. (2010). An expanded framework for analyzing general chemistry exams. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 147-153.
- Tamir, P. (1998). Assessment and evaluation in science education: opportunities to learn and outcomes. En B. J. Fraser, y K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 761-789). London: Kluwer Academic Publishers.
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J.A. y Manassero, M.A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf