

Hacia una evaluación competencial de la Química en las pruebas de acceso a la universidad

ENSEÑANZA
DE LA QUÍMICA

Almudena de la Fuente Fernández 



A. de la Fuente Fernández

Colegio Nuestra Señora de los Ángeles
(Madrid)

GEDH (RSEQ/RSEF)

C-e: almdelaf@ucm.es

Recibido: 04/07/2023

Aceptado: 27/07/2023

ORCID: 0000-0003-0170-3886

Resumen: Las pruebas de acceso a la universidad (PAU) ejercen una demostrada influencia en el modo de impartir las distintas disciplinas en Bachillerato. En este artículo se exponen algunas preguntas extraídas de exámenes de Química propuestos en las PAU que siguen un enfoque competencial ajustado a las exigencias de la actual legislación educativa. La inclusión de cuestiones de esta tipología se considera una condición necesaria, aunque no suficiente, para lograr que aspectos como el trabajo experimental, las aplicaciones de la química y el aprendizaje STEM cobren mayor relevancia en las aulas.

Palabras clave: Aprendizaje STEM, competencias, enseñanza de la química, evaluación, pruebas de acceso a la universidad.

Abstract: University entrance exams (known in Spain as PAU) exert a proven influence on the way of teaching the different subjects in upper secondary education. This article presents some questions taken from Chemistry exams proposed in the PAU that follow a competency-based approach adjusted to the current educational legislation requirements. The inclusion of questions of this type is considered a necessary condition, although not sufficient, to make aspects such as experimental work, chemistry applications and STEM learning, more relevant in the classroom.

Keywords: Assessment, chemistry teaching, competencies, STEM learning, university entrance exams.

Introducción

La literatura científica relacionada con la evaluación educativa ha estudiado en profundidad la inevitable influencia que las pruebas externas de evaluación ejercen sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje en las aulas, especialmente cuando estas tienen repercusiones importantes en el futuro del alumnado.^[1] Una de las conclusiones más relevantes que se extraen de estos estudios es la imposibilidad de que las innovaciones en el currículo se consoliden en la práctica si no se plasman adecuadamente en las pruebas de evaluación.^[2] Por tanto, dado que en España la admisión de estudiantes en las enseñanzas universitarias oficiales de grado está determinada por la calificación obtenida en las pruebas de acceso a la universidad (PAU) —denominadas EBAU (Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad) entre otros acrónimos en el marco de la LOMCE (Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa)—, la reforma de estas pruebas es una condición *sine qua non* para que los cambios en el currículo puedan llegar a las aulas. Así, si estas pruebas son de calidad y están correctamente alineadas con el currículo, podrán contribuir a alcanzar los objetivos fijados por la legislación educativa.^[3]

La influencia ejercida por las PAU en la enseñanza de las ciencias experimentales ha sido ampliamente estudiada

desde hace décadas, observándose algunos efectos positivos^[3,4] y, más frecuentemente, negativos,^[3,5,6,7,8] dependiendo fundamentalmente de la correcta alineación entre las PAU y los planes de estudio. En el caso concreto de la asignatura de Química, un estudio realizado con la participación de 447 profesores de esta disciplina puso de manifiesto que el principal motivo para relegar contenidos del currículo en 2º de Bachillerato era la priorización de los contenidos evaluados en las PAU.^[3] Este hecho resultaba especialmente significativo en relación con los aspectos de carácter más competencial, como son el trabajo experimental o las aplicaciones prácticas de la química, que, al no incluirse generalmente en estas pruebas, eran insuficientemente atendidos en las clases del curso preuniversitario. Por el contrario, se constató que, en aquellas comunidades autónomas (CCAA) que incluían en sus PAU dichos aspectos, los docentes afirmaban prestarles más atención en las aulas. El mismo estudio reveló que más de la mitad de los profesores empleaba preguntas procedentes de pruebas anteriores en todas o casi todas sus clases, de forma que las PAU constituían el recurso didáctico más empleado por la mayor parte del profesorado de 2º de Bachillerato. A partir de estas evidencias, cabe esperar que una adecuada reforma de las PAU pueda contribuir a mejorar la enseñanza de la Química en aquellos aspectos más desatendidos hasta ahora.

LOMLOE y evaluación por competencias

De acuerdo con el calendario de implantación de la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación),^[9] en 2024 entrarían en vigor las modificaciones relativas a las PAU que se especifican en dicha ley. La aprobación del Real Decreto para regular las PAU quedó aplazada por la disolución de las Cortes el pasado 29 de mayo, de forma que tendrá que ser el nuevo gobierno el que fije las características concretas de estos exámenes tan decisivos en el futuro de los estudiantes. Es previsible que, dada la precipitación con la que habrá que establecer los aspectos específicos de las PAU, el procedimiento de acceso y admisión para el próximo curso no difiera mucho del actual, si bien deberá ajustarse a los saberes básicos incluidos en el nuevo currículo de 2º de Bachillerato y suprimir las modificaciones introducidas en el periodo 2020-2023 como consecuencia de la pandemia. El resto de las características concretas de las nuevas pruebas tendrían que analizarse con detenimiento, por lo que sería recomendable una moratoria, ya que se parte de una gran disparidad de pruebas en las distintas CCAA y existe un clamor generalizado que demanda una homogeneización a nivel nacional que garantice la equiparación entre los diversos distritos universitarios. Otra cuestión fundamental que tendrá que abordarse será la necesaria adecuación de las cuestiones formuladas en las PAU a las competencias generales y específicas vinculadas al nuevo plan de estudios de Bachillerato.

La LOMLOE introduce en el currículo de cada materia una serie de competencias específicas, cada una de las cuales está ligada a una o más competencias clave que el alumnado

debe alcanzar al finalizar la etapa correspondiente.^[10] Por otro lado, cada competencia específica lleva asociados tres o cuatro criterios de evaluación que sirven de referentes para indicar los niveles de desempeño alcanzados por cada estudiante en esa asignatura.^[11] En la Tabla 1 se concretan, de forma abreviada, las competencias específicas y criterios de evaluación que se establecen para la asignatura de Química de 2º de Bachillerato.

Teniendo en cuenta que el texto de la LOMLOE incide en que las futuras PAU se tendrán que adecuar a las competencias vinculadas al currículo del Bachillerato, las pruebas de Química deberían incluir preguntas relacionadas con cada uno de los criterios de evaluación (CEV) expuestos. Si bien la mayoría de estos criterios tienen cierto paralelismo con otros elementos de los marcos legislativos previos, hasta ahora estos aspectos apenas se han visto reflejados en las PAU de la mayoría de las CCAA. De hecho, un análisis de 1382 preguntas propuestas en las PAU de la asignatura de Química durante el periodo de vigencia de la LOE (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación), constató una escasísima representación de preguntas relacionadas con la metodología científica, el trabajo experimental, la evolución histórica de la química y sus aplicaciones prácticas.^[12] Por ello, sería útil recurrir a PAU procedentes de distintas CCAA en las que se hayan planteado cuestiones relativas a estos aspectos, de forma que puedan servir de orientación para unas pruebas más coherentes con la evaluación competencial que pretende la LOMLOE, que a su vez revierta en el quehacer de las aulas. No obstante, hay que tener en cuenta que algunos de los CEV expuestos —como 5.1 o 5.4— no son fáciles de evaluar en una prueba escrita, pero sería factible llegar a un acuerdo de mínimos en el que figurara una relación de los

Tabla 1. Competencias específicas y criterios de evaluación para Química de 2º de Bachillerato según la LOMLOE.^[10]

Competencias específicas (CE)	Criterios de evaluación (CEV)
CE1. Comprender, describir y aplicar los fundamentos de los procesos químicos más importantes.	1.1. Reconocer la importancia de la química. 1.2. Describir los principales procesos químicos. 1.3. Reconocer su naturaleza experimental.
CE2. Adoptar los modelos y leyes de la química para inferir soluciones generales a los problemas cotidianos relacionados con ella.	2.1. Relacionar la química con problemas de actualidad. 2.2. Identificar la presencia e influencia de la química. 2.3. Formular explicaciones y predicciones.
CE3. Utilizar con corrección los códigos del lenguaje químico (nomenclatura química, unidades, ecuaciones, etc.).	3.1. Utilizar correctamente la nomenclatura de la IUPAC. 3.2. Emplear con rigor herramientas matemáticas. 3.3. Practicar y hacer respetar las normas de seguridad.
CE4. Reconocer la importancia del uso responsable de productos y procesos químicos, argumentando la influencia positiva de la química en la sociedad.	4.1. Analizar la composición de sistemas del entorno. 4.2. Explicar efectos negativos de las sustancias por mal uso. 4.3. Explicar los beneficios de la tecnología química.
CE5. Aplicar técnicas de trabajo propias de las ciencias experimentales y razonamiento lógico-matemático en la resolución de problemas de química y en la interpretación de situaciones relacionadas.	5.1. Reconocer la importancia del trabajo colaborativo. 5.2. Reconocer las aportaciones del pensamiento científico. 5.3. Resolver problemas relacionados con la química. 5.4. Utilizar herramientas digitales y recursos variados (laboratorio real y virtual).
CE6. Reconocer y analizar la química como un área de conocimiento multidisciplinar y sus relaciones con otras ciencias y campos de conocimiento.	6.1. Explicar los conceptos químicos aplicando conceptos de otras disciplinas (como física). 6.2. Deducir ideas de otras disciplinas (como biología y tecnología) a partir de la química. 6.3. Solucionar problemas mediante herramientas matemáticas y uso de la tecnología.

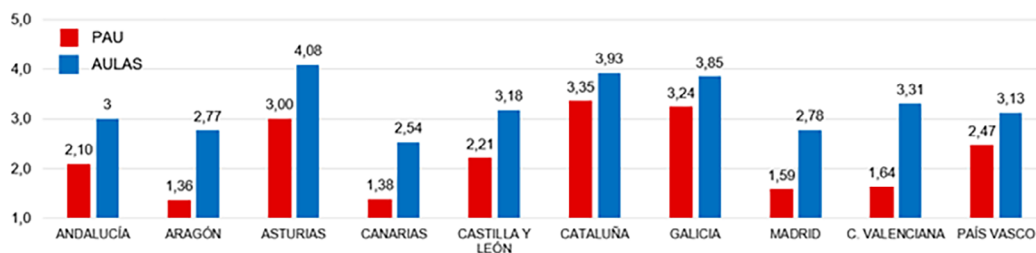


Figura 1. Comparación entre la importancia del trabajo experimental en las PAU y en el aula en distintas CCAA.

criterios de evaluación que deben estar presentes en todas las PAU, lo que contribuiría a compensar las desigualdades que se detectan en la actualidad.

Algunas propuestas para una evaluación competencial de la Química

Como ya se ha expuesto, las competencias específicas y criterios de evaluación recogidos en la Tabla 1 deberían ser la guía para diseñar las nuevas PAU. A continuación, se presentarán una serie de preguntas, extraídas de PAU de distintas CCAA en los últimos años, que atienden a aspectos poco frecuentes en estas pruebas y permitirían medir el grado de adquisición de diversos CEV contemplados en la LOMLOE.

La naturaleza experimental de la química

La vertiente experimental de la química a la que hace alusión el CEV 1.3 ha estado hasta ahora escasamente representada en las PAU. En el estudio citado acerca de las preguntas formuladas en dichos exámenes en el marco de la LOE, se encontró que esta temática estaba ausente en las PAU de cuatro de las diez CCAA analizadas y solo en tres de ellas se planteaban de forma sistemática este tipo de cuestiones.^[1,2] Así, el extenso currículo de Química de 2º de Bachillerato unido a la presión ejercida por unas PAU que tienden a obviar estos contenidos y a una insuficiente dotación de medios para el trabajo experimental suelen conducir a un estudio excesivamente teórico de esta disciplina. Por otro lado, al analizar las valoraciones del profesorado —en una escala de 1 (nada importante) a 5 (muy importante)— se constató que en aquellos distritos universitarios en cuyas PAU se incluían contenidos relativos al trabajo experimental, los docentes declaraban dar más importancia a esta vertiente de la química en sus clases, tal y como se muestra en el gráfico de la Figura 1.^[3,12]

Analizando la Figura 1, se puede apreciar que Asturias, Cataluña y Galicia son las únicas CCAA en las que la presencia del trabajo experimental en las PAU es valorada con 3 o más puntos sobre 5, y su presencia en las aulas alcanza una puntuación en torno a 4 puntos sobre 5 frente a los 3 puntos de media alcanzados en el resto de las CCAA. Por ello, si bien se deben cumplir unas condiciones previas para lograr

un cambio metodológico en la enseñanza de la química —empezando por una adecuada dotación de medios humanos y materiales—, la inclusión de este tipo de cuestiones en las futuras PAU podría ayudar a consolidar la implementación de las metodologías experimentales.

Para ejemplificar la posibilidad de aplicar a las PAU los criterios de evaluación relativos a la naturaleza experimental de la química, a continuación se muestran dos preguntas en las que se solicita la descripción de sendos procedimientos experimentales: la valoración de una muestra de vinagre (Figura 2) y la separación de un precipitado (Figura 3).

- En el laboratorio se dispone del material de laboratorio y reactivos que se relacionan: pipeta aforada de 10 mL, disolución acuosa titulada de NaOH, muestra de vinagre comercial e indicador. Indique el procedimiento experimental a seguir para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial.
- Para la valoración de una base débil, $\text{NH}_3(\text{ac})$, con un ácido fuerte, $\text{HCl}(\text{ac})$, proponga, de forma razonada, el indicador que utilizaría para identificar el punto final de la valoración y el cambio de color que observaría. Indique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

Indicador	Color (medio ácido)	Intervalo de pH de cambio de color	Color (medio básico)
Rojo de metilo	Rojo	4,8 – 6,0	Amarillo
Tornasol	Rojo	5,0 – 8,0	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8,2 – 10,0	Rosa

Figura 2. Pregunta formulada en EBAU de Asturias en junio de 2022^[13]

- En el laboratorio se mezclan 30 mL de una disolución 0,1 M de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ y 40 mL de una disolución 0,1 M de KI, obteniéndose 0,86 gramos de un precipitado de PbI_2 .
- Escriba la reacción que tiene lugar y calcule el porcentaje de rendimiento de la misma.
 - Indique el material y el procedimiento que emplearía para separar el precipitado formado.

Figura 3. Pregunta formulada en ABAU de Galicia en junio de 2019^[14]

De acuerdo con el enunciado mostrado en la Figura 2, las cuestiones formuladas involucran la descripción de procesos químicos (CEV 1.2), la naturaleza experimental de la química (CEV 1.3), la formulación de explicaciones y predicciones (CEV 2.3), el análisis de la composición de un sistema material (CEV 4.1) y la búsqueda de explicaciones a través de la experimentación (CEV 6.1). De manera análoga, la pregunta que se muestra en la Figura 3, estaría relacionada con los criterios de evaluación 1.2, 1.3, 2.3 ya citados, además de implicar un correcto uso de la nomenclatura IUPAC (CEV 3.1)

y la resolución de un problema relacionado con la química (CEV 5.3). Por tanto, podemos apreciar cómo este tipo de cuestiones llevan aparejada la movilización de conocimientos relacionados con todas las competencias específicas incluidas en el currículo.

Por otro lado, la pregunta que se formula en la Figura 4 hace alusión de forma explícita a las normas de seguridad en el laboratorio, ofreciendo la representación de distintos pictogramas que los estudiantes deben saber interpretar (CEV 3.3), además de involucrar la aplicación de otros criterios más habituales en este tipo de pruebas (CEV 3.1, 3.2 y 5.3).

El ácido fluorhídrico (HF) es una sustancia tóxica y corrosiva. La constante de acidez de este ácido, a 25 °C, es $6,6 \cdot 10^{-4}$.

- ¿Qué volumen de HF comercial, del 40% en peso y densidad 1,15 g/mL, se necesita para preparar 500 mL de una disolución de HF 0,5 M?
- ¿Cuál es el pH de una disolución de HF 0,5 M a 25 °C?
- Indica los dos pictogramas de la siguiente figura (A-E) que han de aparecer en la etiqueta de la botella de ácido fluorhídrico. Justifica la respuesta.




Figura 4. Pregunta formulada en EBAU de Islas Baleares en julio de 2020^[15]

La importancia de la química, su relación con problemas de actualidad y efectos negativos de su mal uso

La presencia en las PAU de los aspectos de la química relacionados con sus aplicaciones prácticas es claramente insatisfactoria en la mayoría de las CCAA.^[12] Este hecho contribuye a que la química que se transmite en las aulas de Bachillerato constituya frecuentemente un conjunto de saberes desligado de la vida cotidiana y del desarrollo tecnológico.^[3,5,6] Del mismo modo que se constató en lo relativo al trabajo experimental, la atención prestada a estos aspectos por los docentes de 2º de Bachillerato en las distintas CCAA es desigual y guarda relación con la presencia en sus PAU de cuestiones que contextualizan los contenidos del currículo en situaciones con las que los estudiantes están familiarizados^[3,12]. En la Figura 5, se aprecia que las CCAA que dan más importancia en sus PAU a las aplicaciones de la química —Cataluña y Comunidad Valenciana—, también destacan por la relevancia que se da a estas en las aulas.

A la vista de estos datos, sería recomendable que, de forma generalizada, se incluyeran en todas las PAU pregun-

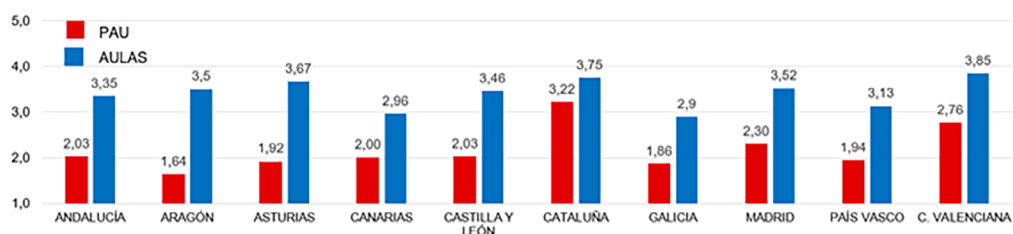


Figura 5. Comparación entre la importancia de las aplicaciones de la química en las PAU y en el aula en distintas CCAA.

tas contextualizadas en situaciones reales. Algunos contenidos del currículo se prestan especialmente a la realización de ejercicios que ponen de manifiesto la importancia de la química, como es el caso de la electrolisis (Figura 6) y otras aplicaciones de las reacciones redox (Figura 7). Con un enfoque más integrador, la Figura 8 muestra una cuestión acerca del análisis de las aguas de un río que implica el conocimiento de las reacciones de precipitación y ácido-base. Este tipo de preguntas permiten que el alumnado perciba la química como algo cercano y mejore su percepción acerca de esta disciplina.

Se desea dar un baño de plata a una cuchara. Para ello, se la introduce en una disolución de nitrato de plata (AgNO_3) y se hace pasar una corriente de 0,5 A durante 30 minutos.

- Realice un dibujo de la celda electrolítica.
- Escriba la reacción que tiene lugar en el cátodo y calcule la masa de plata depositada sobre la cuchara.
- Si la misma cantidad de electricidad es capaz de depositar 0,612 g de oro sobre el cátodo de una celda electrolítica que contiene una sal de oro, determine el número de oxidación del oro en la sal.

Figura 6. Pregunta formulada en modelo de EBAU de Castilla y León de 2023^[16]

Dada la escasez y el precio tan elevado de los derivados del petróleo, se piensa en el dihidrógeno como el combustible que podría sustituirlos. El dihidrógeno reacciona con el oxígeno y produce energía mediante el siguiente proceso químico:

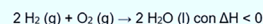


Figura 1. El dihidrógeno, ¿combustible del futuro?

- Justifica que se trata de una reacción de oxidación-reducción.
- Explica, de forma razonada, si esta reacción química es espontánea a temperaturas bajas.

Figura 7. Pregunta formulada en EBAU de Islas Baleares en junio de 2020^[15]

En las cuestiones mostradas se identifica la presencia e influencia de la química (CEV 2.2), aludiendo a los beneficios de la tecnología química (CEV 4.3) y, en el caso de la pregunta mostrada en la Figura 8, también a los efectos negativos del mal uso de las sustancias (CEV 4.2). En todos los casos, los estudiantes deben describir procesos químicos (CEV 1.2) para formular explicaciones y predicciones (CEV 2.3) y resolver problemas relacionados con la química (CEV

Uno de los principales ríos que suministran agua a la ciudad de Barcelona es el río Llobregat. En una analítica rutinaria del agua de este río se han obtenido los siguientes datos:

Parámetros	Valores
pH	7,45
iones cloruro, Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	298
iones sulfato, SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	207
iones calcio, Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	128
iones magnesio, Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	41,9
iones sodio, Na ⁺ (mg L ⁻¹)	87,4

- a) Se llena un tubo de ensayo, hasta la mitad, con agua del río Llobregat a 298 K. A continuación, se añade, gota a gota, una disolución concentrada de Pb(NO₃)₂ hasta que empieza a aparecer un poco de precipitado. Justifique, numéricamente, si este precipitado es PbCl₂ o PbSO₄.
- b) Se llena otro tubo de ensayo, hasta la mitad, con agua del río Llobregat y se le añade, gota a gota, una disolución de NaOH para aumentar la basicidad y hacer precipitar los hidróxidos metálicos insolubles. Cuando el pH es 12,6 empieza a precipitar el hidróxido de calcio. ¿Qué valor tiene la constante del producto de solubilidad de este hidróxido a 298 K?

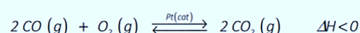
Datos: K_{ps}(PbCl₂) = 1,6 × 10⁻⁵; K_{ps}(PbSO₄) = 1,6 × 10⁻⁸.

Figura 8. Pregunta formulada en PAU de Cataluña en julio de 2016^[17]

5.3); además, en el caso de las Figuras 6 y 8, se requiere que empleen con rigor herramientas matemáticas (CEV 3.2 y 6.3) y en las Figuras 6 y 7 se aplican conceptos físicos (CEV 6.1).

Los beneficios de la tecnología química (CEV 4.3), también se ponen de manifiesto en la Figura 9, al requerir la aplicación del principio de Le Châtelier a la oxidación del monóxido de carbono en un tubo de escape en presencia de un catalizador. En cuanto a los efectos negativos aparejados al mal uso de la química (CEV 4.2), la Figura 10 muestra un problema en el que se precisa que el alumnado aplique sus conocimientos químicos a un episodio de formación de lluvia ácida.

En los tubos de escape de los automóviles, se utiliza un catalizador de platino para acelerar la oxidación del monóxido de carbono, una sustancia tóxica, según la ecuación química:

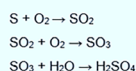


Considere un reactor que contiene una mezcla en equilibrio de CO(g), O₂(g) y CO₂(g). Indique, razonadamente, si la cantidad de CO aumentará, disminuirá o no se modificará cuando:

- Se elimina el catalizador de platino.
- Se aumenta la temperatura manteniendo constante la presión.
- Se aumenta la presión, disminuyendo el volumen del reactor, a temperatura constante.
- Se añade O₂(g), manteniendo constantes el volumen y la temperatura.

Figura 9. Pregunta formulada en PAU de Comunidad Valenciana en junio de 2019^[18]

Una central térmica ha quemado el equivalente a 400 g de azufre provocando un episodio de lluvia ácida. Se calcula que el 25% del ácido sulfúrico producido ha caído dentro de un depósito cercano que contiene 2 000 L de agua. Las reacciones no igualadas que se han producido son:



- Ajuste las reacciones. Calcule la concentración de ácido sulfúrico en el depósito en unidades de mol·L⁻¹ y g·L⁻¹.
- Haga los cálculos correspondientes y explique el procedimiento experimental que seguiría en el laboratorio para preparar 250 mL de disolución de ácido sulfúrico de concentración 80 g·L⁻¹ a partir de ácido sulfúrico concentrado. Indique el material de laboratorio necesario.

Datos: Densidad del ácido sulfúrico concentrado: 1,84 g·mL⁻¹.

Concentración del ácido sulfúrico concentrado: 96% en peso.

Figura 10. Pregunta formulada en PAU de Cataluña en julio de 2020^[17]

En vista de la manifiesta relación entre el contenido de las PAU y las destrezas y actitudes que se potencian en las aulas, la inclusión en estas pruebas de preguntas como las que se han analizado podrá contribuir a formar alumnos capaces de argumentar la influencia positiva de la química en la sociedad (CE4).

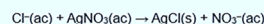
Relación de la química con otras disciplinas

Los principios que se defienden en la LOMLOE están en consonancia con el aprendizaje STEM, de forma que se propone tender a trabajar de manera global todo el conjunto de las disciplinas científicas.^[9,10] Así, para adquirir la CE6 se requeriría "reconocer la Química como un área de conocimiento multidisciplinar y versátil poniendo de manifiesto las relaciones con otras ciencias y campos de conocimiento [...]";^[10] fin que se podría propiciar a través de cuestiones que hagan explícitas estas relaciones. Para ejemplificar la relación entre química y biología, se muestran a continuación dos preguntas que aluden respectivamente a la biología molecular (Figura 11) y a la botánica (Figura 12), en cuya resolución están involucrados numerosos criterios de evaluación, destacando aquí el CEV 6.2 (deducir ideas de otras disciplinas a partir de la química).

La reacción en cadena de la polimerasa (conocida como PCR) es una técnica de biología molecular que consiste en sintetizar muchas veces un fragmento de ADN utilizando una polimerasa (enzima) que puede trabajar a temperaturas elevadas. Cuando se hace una reacción de PCR, se mezclan en un tubo de ensayo diferentes ingredientes, como por ejemplo la polimerasa y el ADN del organismo que se quiere estudiar, y, además, se fija un pH y una concentración de iones Mg²⁺ para que la enzima trabaje adecuadamente.

- Supongamos que en el tubo donde se efectúa una PCR se trabaja con una disolución de MgCl₂ 5,0 × 10⁻³ M y un pH fijo de 8,3. Diga, a partir de los cálculos necesarios, si en esas condiciones precipita el hidróxido de magnesio y justifique la respuesta.

- Para determinar la pureza de una muestra que contiene MgCl₂(s), se puede efectuar una valoración de precipitación del ion cloruro con una disolución de nitrato de plata:



Se pesan 0,6255 g de muestra y se disuelven en agua hasta obtener 100,0 mL de disolución. Al valorar 10 mL de esta disolución, se han necesitado 8,3 mL de nitrato de plata 0,1550 M para llegar al punto final de la valoración. ¿Cuál es la pureza de la muestra, expresada como porcentaje en masa de MgCl₂?

Dato: Producto de solubilidad del hidróxido de magnesio: K_{ps} = 1,10 × 10⁻¹².

Figura 11. Pregunta formulada en PAU de Cataluña en junio de 2021^[17]

El color de las flores de la hortensia (*hydrangea*) depende, entre otros factores, del pH del suelo en el que se encuentran, de forma que para valores de pH entre 4,5 y 6,5 las flores son azules o rosas, mientras que a pH superior a 8 las flores son blancas. Dadas las siguientes disoluciones acuosas: Ca(NO₃)₂, (NH₄)₂SO₄, NaClO y NH₃, indique razonadamente:

- ¿Qué disolución/es añadiría al suelo si quisiera obtener hortensias de color blanco?
- ¿De qué color serán las hortensias si añadiese al suelo una disolución de (NH₄)₂SO₄?

Datos. K_a (HClO) = 3,1 × 10⁻⁸; K_b (NH₃) = 1,8 × 10⁻⁵

Figura 12. Pregunta formulada en modelo de PAU de Comunidad de Madrid de 2016^[19]

De manera análoga, pueden proponerse preguntas que apliquen conceptos físicos a la química (CEV 6.1) —especialmente en lo relativo a los espectros atómicos (Figura 13), la

termoquímica (Figura 7) y la electroquímica (Figura 6)—, de forma que se dejen de percibir las distintas ciencias como compartimentos estancos.

Si la energía de ionización del K gaseoso es de $418 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$:

- Calcule la energía mínima que ha de tener un fotón para poder ionizar un átomo de K.
- Calcule la frecuencia asociada a esta radiación y, a la vista de la tabla, indique a qué región del espectro electromagnético pertenece.
- ¿Podría ionizarse este átomo con luz de otra región espectral? Razone la respuesta. En caso afirmativo, indique una zona del espectro que cumpla dicho requisito.

$\lambda(\text{m})$	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	$4\cdot 10^{-7}$	$3\cdot 10^{-9}$	10^{-12}
	Radio	Microondas	Infrarrojo	Visible	Ultra-violeta	Rayos X
						Rayos γ

Datos: $h = 6,63\cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3\cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; Número de Avogadro = $6,023\cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Figura 13. Pregunta formulada en modelo de PAU de Comunidad de Madrid de 2005^[19]

Conclusiones

Las recientes reformas de los currículos escolares reflejadas en la LOMLOE implican una evaluación competencial de las distintas materias que debe reflejarse en las futuras pruebas de acceso a la universidad. Este cambio, si se realiza adecuadamente, revertirá de forma generalizada en las aulas, dada la demostrada influencia que este tipo de pruebas ejercen en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso concreto de la Química, las preguntas que se han venido planteando hasta ahora en la mayoría de las PAU estaban en consonancia con un enfoque tradicional de la enseñanza, obviando aspectos esenciales de esta ciencia reflejados de forma más o menos explícita en todas las recientes leyes educativas. Sin embargo, al analizar en profundidad los exámenes propuestos en distintas CCAA en los últimos años, se han podido localizar un buen número de cuestiones cuya resolución llevaría aparejada la aplicación de casi todos los criterios de evaluación que se detallan en la LOMLOE.

El diseño de las PAU, dadas las cruciales consecuencias que tienen en el futuro de los estudiantes, no es algo que pueda hacerse a la ligera y de forma precipitada, pero es urgente su actualización, así como la homogeneización de las características específicas de estos exámenes en todo el territorio nacional. Para lograr una evaluación más justa e integral que revierta en el conjunto del sistema educativo, se deberían elaborar con suficiente antelación distintos modelos de exámenes que garanticen una correcta alineación entre todas las PAU y los distintos elementos del currículo (competencias, criterios de evaluación y saberes básicos). Preguntas como las aquí mostradas podrán ayudar a diseñar unas pruebas de acceso a la universidad más coherentes con la investigación educativa, con la actual legislación y con el propio sentir del profesorado.^[12]

Agradecimientos

La autora quiere expresar su agradecimiento a la Real Sociedad Española de Química por la concesión del premio a la Tarea Educativa en su edición de 2023.

Bibliografía

- [1] S. M. Kühn, *Studies in Educational Evaluation* **2011**, 37(4), 189-195.
- [2] M. C. Linn, *Journal of Research in Science Teaching* **1987**, 24(3), 191-216.
- [3] A. de la Fuente, M. A. Calvo, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice* **2022**, 29(4), 422-440.
- [4] N. Sanmartí, *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales* **2003**, 10(37), 9-18.
- [5] A. Caamaño, *Educación Química* **2001**, 12(1), 7-17.
- [6] E. Banet, *Ens. Cien.* **2010**, 28(2), 199-214.
- [7] J. M. Oliva, R. Franco-Mariscal, M. L. A. Gil-Montero, *Ápice. Revista de Educación Científica* **2018**, 2(1), 1-17.
- [8] F. L. Alda, M. J. Gil, M. J. Rodríguez, *Biology Education Research. Contemporary topics and directions* **2020**, 33-45.
- [9] Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, BOE núm. 340, 30 de diciembre de 2020.
- [10] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, BOE núm. 82, 6 de abril de 2022.
- [11] L. Moreno, A. de la Fuente, A. Rodríguez-Villamil, *Faraday. Boletín de Física y Química* **2022**, 37, 4-14.
- [12] A. de la Fuente, *Pruebas externas de evaluación de química preuniversitaria: Repercusión en la enseñanza-aprendizaje de la química y análisis de las pruebas de España, Reino Unido e Irlanda*, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, 2021.
- [13] Universidad de Oviedo. Prueba de acceso a la universidad. Accesible en <http://www.uniovi.es> (visitada el 11/06/2023).
- [14] Comisión interuniversitaria de Galicia. Proba de avaliación de bacharelato para o acceso á universidade. Accesible en <http://ciug.gal/abau> (visitada el 11/06/2023).
- [15] Universitat de les Illes Balears. Modelo de exámenes PBAU. Accesible en <https://estudis.uib.es> (visitada el 11/06/2023).
- [16] Universidad de Valladolid. Pruebas de acceso. Accesible en: <https://pruebasdeacceso.uva.es> (visitada el 11/06/2023).
- [17] PAU: Exàmens i informació; de les matèries dels anys 2000-2022. Accesible en: <http://www.seleccat.cat> (visitada el 11/06/2023).
- [18] Generalitat Valenciana. Prueba de acceso a la universidad. Accesible en: <https://innova.gva.es/web/universidad> (visitada el 11/06/2023).
- [19] FiQuiPedia. Accesible en: <https://www.fiquipedia.es> (visitada el 11/06/2023).