

# Aprender química y sobre naturaleza de la práctica científica mediante prácticas epistémicas y no-epistémicas

Learning chemistry and about nature of scientific practice through epistemic and non-epistemic practices

Antonio García-Carmona / Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Sevilla, España



## resumen

Este artículo presenta y justifica la participación de los estudiantes en prácticas científicas como marco idóneo para la enseñanza de la ciencia. Se promueve, para ello, una perspectiva del enfoque que incluye prácticas tanto epistémicas como no-epistémicas, cuyo desempeño requiere el manejo integrado de conocimientos científicos, procedimentales y metacientíficos (o sobre naturaleza de la ciencia). Se concluye con un ejemplo de cómo podría implementarse el enfoque didáctico, en clase de química de la ESO, con una actividad de indagación escolar sobre el fenómeno de la eferescencia.

## palabras clave

Aprendizaje como indagación, eferescencia, educación secundaria obligatoria, naturaleza de la práctica científica, prácticas científicas.

## abstract

This article presents and justifies the participation of students in scientific practices as an ideal setting for science education. To the end, a perspective of the approach is promoted that includes both epistemic and non-epistemic practices whose performance demands an integrated use of scientific, procedural, and meta-scientific knowledge (or about nature of science). Finally, an example of how the educational approach could be implemented in a secondary chemistry classroom is presented, which is concentered in a school inquiry activity related to the effervescence phenomenon.

## keywords

Effervescency, inquiry-based learning, lower secondary education, nature of science, scientific practices.

## 1. Introducción

Durante décadas, el aprendizaje de la ciencia como indagación (ACI) se ha promocionado como uno de los enfoques didácticos más propicios para *aprender ciencia* (Constantinou, Tsivitani-dou & Rybska, 2018). Genuinamente, una educación científica enmarcada en el ACI implica que: «...los estudiantes desarrollan

ideas científicas clave de forma progresiva mediante el aprendizaje de cómo investigar y construir su propio conocimiento para entender el mundo que les rodea. Utilizan habilidades empleadas por los científicos tales como el planteamiento de preguntas, la obtención de datos; el razonamiento y la revisión de pruebas a partir de lo que ya se sabe; la

elaboración de conclusiones y la discusión de resultados» [(Inter-Academy Partnership, 2010: 19 (traducción propia)].

Sin embargo, la implementación en el aula del ACI ha resultado ineficaz en muchos casos (Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Las razones tras ello son múltiples, pero destacaremos aquí dos fundamentales. La primera tiene que ver con

una malinterpretación de lo que significa realmente aprender ciencia indagando (García-Carmona, 2020a, 2021). A menudo, el ACI se ha traducido en plantear *actividades experimentales*, que los estudiantes hacen siguiendo unas instrucciones, paso a paso, como si fuesen «recetas de cocina» (García-Carmona, Criado & Cruz-Guzmán, 2018). Esto suele tener como resultado que los estudiantes centren toda su atención en completar las instrucciones, en vez de aprender sobre lo que están haciendo y para qué lo hacen (Hodson, 2005). De ahí que tengan dificultades para conectar lo que observan con el conocimiento científico involucrado en la actividad experimental (Abrahams & Millar, 2008).

La otra limitación importante de los planteamientos habituales del ACI es que no se orientan a que los estudiantes aprendan *sobre* la indagación científica (Lederman *et al.*, 2014); o, de otra manera, que adquieran una comprensión básica sobre la *naturaleza de la práctica científica* (García-Carmona & Acevedo-Díaz, 2018). Parece asumirse que los estudiantes asimilarán este *conocimiento metacientífico* simplemente participando en actividades experimentales. Este modo implícito o indirecto de atender la comprensión de la naturaleza de la práctica científica es, en múltiples ocasiones, consecuencia de identificar esta comprensión erróneamente con el desempeño de procesos de la ciencia (Garritz, 2006). Sea como fuere, lo que revela la investigación didáctica, al respecto, es que la comprensión de nociones básicas sobre *naturaleza de la ciencia* (NDC),<sup>1</sup> en general, solo se ve favorecida realmente cuando se plantea en clase de forma explícita y reflexiva

<sup>1</sup> La naturaleza de la práctica científica se concibe aquí como parte integrante del amplio y poliédrico constructo que constituye la naturaleza de la ciencia (García-Carmona & Acevedo-Díaz, 2018).

(Acevedo-Díaz, 2009). Esto es, con objetivos de aprendizaje específicos de NDC; el diseño de actividades escolares que inviten a pensar y debatir sobre aspectos de NDC, y un sistema de evaluación apropiado para valorar la comprensión alcanzada (García-Carmona, 2021).

Además de constituir en sí misma una dimensión clave de la competencia científica (OECD, 2019), la comprensión informada de los rasgos más característicos de las diferentes prácticas que desempeñan las personas dedicadas a la ciencia resulta esencial para la participación en auténticas indagaciones científicas escolares (García-Carmona & Acevedo-Díaz, 2018). Por ejemplo, los estudiantes difícilmente aprenderán a modelizar un fenómeno si no comprenden qué función tienen los modelos en la construcción de conocimiento científico, ni cuáles son sus características epistemológicas y ontológicas (Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez & Oliva-Martínez, 2017).

Con el fin de superar tales limitaciones del ACI, se ha empezado a promover una educación científica basada en la participación en *prácticas científicas* (García-Carmona, 2020a). En lo que sigue, expondremos los aspectos esenciales de este enfoque didáctico, y terminaremos con un ejemplo de actividad para su implementación en clases de química de educación secundaria obligatoria.

## 2. Qué implica una enseñanza de la ciencia basada en prácticas científicas

Según Osborne (2014), la enseñanza de la ciencia orientada por prácticas científicas persigue que los estudiantes desarrollen una comprensión de lo que se sabe de ciencia, de cómo se sabe y de los constructos que guían la práctica científica; todo ello, en aras de

alcanzar una visión más auténtica de la ciencia. Al respecto, Ford (2015) enfatiza que participar en prácticas científicas implica adquirir una capacidad para la *evaluación* y la *crítica* continuas en la construcción de conocimiento científico. En este sentido, Kelly y Licona (2018) subrayan que las prácticas científicas se aprenden mediante la participación e interacción con otros miembros de la misma comunidad de aprendizaje. De forma que el *conocimiento* es concebido como un producto negociado entre las personas de un grupo social a partir de discusiones basadas en razonamiento, persuasión, etc.

En suma, la participación en prácticas científicas escolares debe propiciar una conexión entre *hacer* y *aprender*, conjugando de manera consciente y explícita –con el apoyo docente apropiado– *conocimientos científicos* y *meta-científicos* con habilidades procedimentales (García-Carmona, 2021). Esto es importante resaltarlo porque muchas propuestas para el ACI han caído en la ingenuidad de asumir que los estudiantes adquirirán conceptos e ideas científicas por el solo hecho de participar en actividades prácticas, manejando algunos procedimientos (Hodson, 2014). Similarmente, es esencial que los estudiantes entiendan la naturaleza distintiva de las diferentes prácticas científicas en las que participan para entender cómo funciona la ciencia, y comprender determinadas situaciones durante una indagación escolar; por ejemplo, que se puede investigar un mismo problema con metodologías distintas; que se puede llegar a conclusiones diferentes partiendo de los mismos resultados; que una adecuada organización y distribución de tareas en un equipo de trabajo puede facilitar el desarrollo de la indagación; o que la discusión de

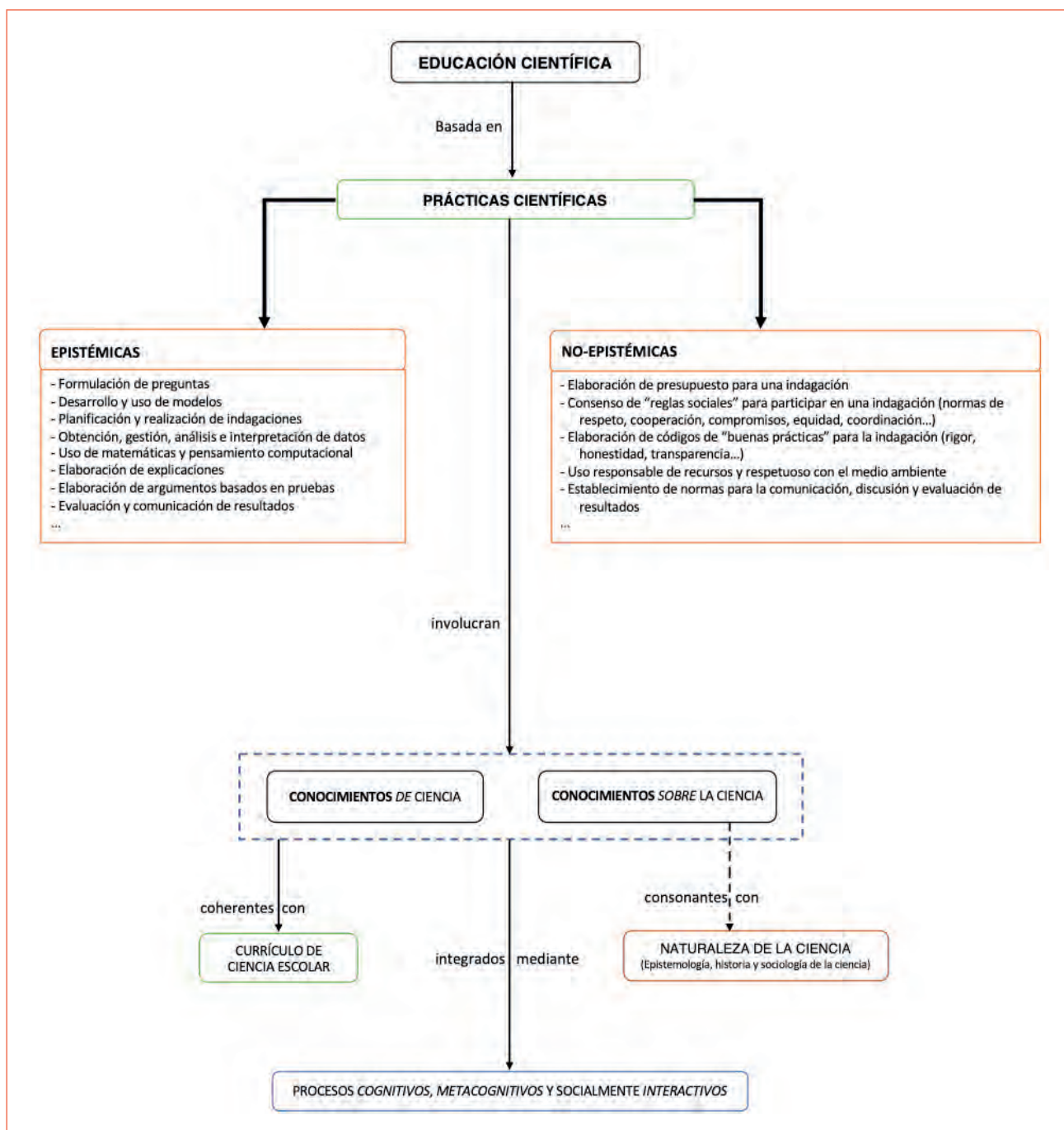


Figura 1. Esquema representativo de una educación científica basada en prácticas científicas (fuente: elaboración propia).

los resultados con otros equipos puede ayudar a interpretarlos mejor y a corregir posibles errores.

En la fig. 1 se muestra un esquema general para ilustrar nuestra concepción del enfoque didáctico basado en prácticas científicas para la enseñanza de la ciencia.

### 3. Qué prácticas científicas promover en la educación científica básica: prácticas epistémicas y no-epistémicas

Una de las propuestas más influyentes del enfoque basado en prácticas científicas es la sugerida en el documento estadounidense *A framework for K-12 science education* (NRC, 2012). Propone ocho prácticas científicas esenciales: a) formulación de preguntas, b) elaboración y uso de modelos, c) planificación y ejecución de investigaciones, d) análisis e interpretación de datos, e) uso del pensamiento matemá-

tico y computacional, f) elaboración de explicaciones científicas, g) construcción de argumentos basados en pruebas, y h) obtención, evaluación y comunicación de información.

Se puede decir que esta propuesta de prácticas científicas, aun siendo muy interesante, muestra una perspectiva fundamentalmente racional de la actividad científica; de ahí que tales prácticas sean también

## PROBLEMA

Laura está con gripe y su médico le ha recetado comprimidos de paracetamol efervescentes para la fiebre. En el prospecto del medicamento se lee que, para tomar un comprimido, debe introducirse en medio vaso de agua y esperar a que cese totalmente el burbujeo. Si Laura quiere que el comprimido se desintegre en agua más rápido de lo habitual, ¿qué debería hacer? Investígalo mediante algún experimento.

Cuadro 1. Enunciado de un problema de química escolar contextualizado en el fenómeno de la efervescencia.

conocidas como *prácticas epistémicas*. Pero, estudios sobre historia, filosofía y sociología de la ciencia indican que el trabajo de las mujeres y hombres dedicados a la investigación científica abarca prácticas tanto *epistémicas* como *no-epistémicas*; es decir, tareas o acciones en las que se combinan quehaceres racionales con quehaceres de tipo sociológico, incluyendo aspectos afectivos, contextuales, conductuales, éticos, organizativos, económicos, etc. (García-Carmona, 2021; García-Carmona & Acevedo-Díaz 2018). En consecuencia, un planteamiento más holístico del enfoque basado en prácticas científicas debería incluir prácticas de ambos tipos. Algunos ejemplos de prácticas no-epistémicas serían (García-Carmona, 2021): «establecimiento de normas de cooperación y colaboración científica, determinación de códigos de “buenas prácticas” para la investigación científica, elaboración de presupuestos para llevar a cabo investigaciones», y «consenso de reglas para comunicar, discutir y evaluar resultados de una investigación».

#### 4. Cómo implementar en clase de química el enfoque basado en prácticas científicas: un ejemplo para Educación Secundaria Obligatoria

Con objeto de ilustrar lo expuesto, en lo que sigue describiremos una actividad para la clase de química de 3.º de ESO (14-15 años) que promueve la participación en prácticas epistémicas y no-epistémicas de ciencia escolar.

Se trata de un problema de química escolar contextualizado en el fenómeno de la efervescencia para su abordaje mediante una indagación, enmarcado en el bloque 2 «Los cambios» del currículo de Física y Química para el citado curso (Ministerio de Educación, 2015). El enunciado del problema se recoge en el cuadro 1. La temporización prevista para el desarrollo completo de la actividad sería de 3 sesiones de clase de una hora.

#### Aprendizajes esperados con la actividad

La actividad tiene una triple finalidad educativa. De manera integrada, se pretende que los estudiantes aprendan unos conocimientos básicos sobre el fenómeno de la efervescencia, se familiaricen con algunas prácticas epistémicas y no-epistémicas de la ciencia, y reflexionen sobre la naturaleza de estas prácticas. Ello se concreta en el cuadro 2.

#### Guía orientativa para la planificación, desarrollo y evaluación de la indagación

La actividad se enmarca en la modalidad de una *indagación científica guiada* (García-Carmona, 2020b), la cual se caracteriza por plantear una cuestión o problema a los estudiantes, y estos tratan de diseñar y llevar a cabo una indagación escolar para resolverlo, con las orientaciones apropiadas del docente. Para ello, resulta conveniente elaborar algún tipo de guion (véase el cuadro 3) con las distintas tareas que sería

deseable que los estudiantes abordaran durante la indagación, de acuerdo con los objetivos de la actividad. El guion debe incluir la información y cuestiones imprescindibles para mantener un equilibrio entre la ayuda y el desafío para los estudiantes. Una vez que se ponga en práctica, será el o la docente quien vaya calibrando el apoyo adicional que necesiten los estudiantes para avanzar en el desarrollo de la actividad. Sería aconsejable también que los estudiantes se organizaran en equipos de trabajo pequeños (3-4 miembros), a fin de potenciar desde el inicio de la actividad un aprendizaje cooperativo acorde con las bases del socioconstructivismo.

#### Reflexiones sobre la naturaleza de las prácticas científicas desempeñadas

Para completar la relación de aprendizajes previstos, se debe procurar que los estudiantes reflexionen y discutan sobre la naturaleza de las prácticas, tanto epistémicas como no-epistémicas, que han desempeñado con la indagación escolar planteada. Para ello, como se adelantó más arriba, es preciso formular explícitamente una serie de cuestiones que inciten a ello. Una posible relación de preguntas al respecto se detalla en el cuadro 4.

#### Agradecimientos

Este trabajo se enmarca en las actuaciones previstas para el desarrollo del proyecto EDU2017-82505-P, financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (Gobierno de España).



CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar el fenómeno de la efervescencia como un proceso químico</li> <li>• Reconocer los productos y reactivos de una reacción química de efervescencia</li> <li>• Conocer algunos factores que influyen en la velocidad de una reacción química</li> <li>• Explicar cómo influyen la temperatura, el grado de división y la superficie de contacto en la velocidad de una reacción química</li> </ul>	
DESEMPEÑO DE PRÁCTICAS CIENTÍFICAS	
<p>Epistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular hipótesis ante un problema de investigación</li> <li>• Elaborar modelos científicos</li> <li>• Planificar y llevar a cabo una investigación</li> <li>• Analizar e interpretar datos</li> <li>• Elaborar explicaciones científicas</li> <li>• Evaluar y comunicar conclusiones de una investigación</li> </ul>	<p>No-epistémicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organizar y ejercer la cooperación/colaboración científica</li> <li>• Elaborar criterios deontológicos para la investigación científica</li> <li>• Elaborar presupuestos para la financiación de una investigación científica</li> <li>• Establecer reglas de comunicación, discusión y evaluación de resultados de una investigación</li> </ul>
CONOCIMIENTOS SOBRE NATURALEZA DE LA PRÁCTICA CIENTÍFICA	
<p>Naturaleza epistémica de la práctica científica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entender el concepto de hipótesis y su papel en la investigación científica</li> <li>• Comprender el significado y rol de los modelos en la investigación científica</li> <li>• Tomar conciencia del papel de los errores en la investigación científica</li> <li>• Conocer el papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevos conocimientos</li> </ul>	<p>Naturaleza no-epistémica de la práctica científica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionar sobre la influencia de las relaciones personales y modos de organización de los científicos en sus investigaciones</li> <li>• Entender el papel de la financiación en el desarrollo de las investigaciones científicas</li> <li>• Asimilar la necesidad de establecer códigos deontológicos en la investigación científica</li> <li>• Comprender la importancia de las habilidades para la comunicación en la difusión y persuasión de ideas científicas</li> <li>• Reflexionar sobre las ventajas e inconvenientes de la discusión y evaluación por pares en la investigación científica</li> </ul>

Cuadro 2. Aprendizajes esperados con la actividad: adquisición de conocimientos científicos, desempeño de prácticas epistémicas y no-epistémicas, y comprensión de aspectos básicos de la práctica científica.

## Referencias

- ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. (2008). «Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science». *International Journal of Science Education*, vol. 30, n.º 14, p. 1945-1969.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A. (2009). «Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6, n.º 3, p. 355-386.
- ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A.; ARAGÓN-MÉNDEZ, M. M.; OLIVA-MARTÍNEZ, J. M. (2017). «Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica». *Revista Científica*, vol. 30, n.º 3, p. 155-166.
- CONSTANTINO, C. P.; TSIVITANIDOU, O. E.; RYBSKA, E. (2018). «What is inquiry-based science teaching and learning?». En: TSIVITANIDOU, O. E. [et al.] (ed.). *Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning*. Cham: Springer, p. 1-23.
- FORD, M. J. (2015). «Educational implications of choosing “practice” to describe science in the Next Generation Science Standards». *Science Education*, vol. 99, n.º 6, p. 1041-1048.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2020a). «From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices». *Science & Education*, vol. 29, n.º 2, p. 443-463.
- (2020b). «Prospective elementary teachers’ abilities in tackling a contextualized physics problem as guided inquiry». *Revista Brasileira de Ensino de Física*, núm. 42, e20190280.

Planificación y desarrollo de la indagación escolar	
Prácticas epistémicas	Prácticas no-epistémicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se trata de un problema sobre los factores que determinan la velocidad de una reacción química. ¿Cuál es vuestra hipótesis?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Avanzad una posible solución o respuesta al problema, atendiendo al conocimiento científico que tenéis sobre el fenómeno a investigar.</li> <li>b) Ayudaos, en esa respuesta inicial, de algún esquema detallado (modelo) para representar y explicar el fenómeno.</li> </ol> </li> <li>• ¿Qué experimento tenéis pensado hacer para comprobar vuestra hipótesis?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Explicad qué estrategia vais a seguir para verificar la validez de vuestra hipótesis.</li> <li>b) Indicad qué datos pensáis tomar, y por qué.</li> <li>c) Qué materiales e instrumentos necesitaréis para tomar los datos.</li> <li>d) Cómo vais a organizar/representar y analizar los datos.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo vais a organizaros en el equipo para planificar y llevar a cabo las distintas tareas de la investigación?</li> <li>• ¿Qué normas de «buenas prácticas» vais a estableceros en el equipo con respecto a (i) el manejo de los materiales e instrumentos, (ii) la toma de datos, (iii) el análisis de esos datos, y (iv) la consulta de información?</li> <li>• Si tuvierais que cuantificar el coste aproximado del experimento que tenéis previsto hacer, ¿cuánto sería? Elaborad un presupuesto imaginando que tuvierais que adquirir todos los materiales, instrumentos, sustancias, etc. necesarios para hacer la investigación.</li> </ul>
Evaluación de los resultados y conclusiones	
Prácticas epistémicas	Prácticas no-epistémicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué interpretación científica hacéis de los resultados? Determinad si los resultados obtenidos son coherentes con:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) la explicación que avanzasteis como hipótesis,</li> <li>b) el modelo que elaborasteis para ilustrar esa explicación, y</li> <li>c) lo que la química dice al respecto (consultad vuestro libro de texto, internet, etc.).</li> </ol> </li> <li>• ¿Qué coincidencias y discrepancias encontráis entre vuestros resultados y conclusiones con las de otros equipos?</li> <li>• ¿Qué limitaciones ha tenido vuestra investigación y cómo la mejoraríais?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Indicad qué errores habéis cometido.</li> <li>b) Explicad qué dificultades (conceptuales y/o procedimentales) habéis tenido.</li> <li>c) Explicad cómo mejoraríais la investigación si la volvierais a hacer.</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué criterios de decisión vais a emplear en el equipo para determinar las conclusiones de vuestra investigación?</li> <li>• ¿Cómo vais a comunicar, evaluar y discutir los resultados con los demás equipos?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Decidid de manera consensuada con el resto de los equipos los criterios y procedimientos a seguir para exponer, valorar, discutir y consensuar los resultados de la investigación.</li> <li>a) Acordad con los demás equipos el contenido, estructura y formato de los informes de investigación.</li> </ol> </li> <li>• Comparad el coste estimado de vuestro experimento con el del resto de los equipos y determinad cómo se podrían optimizar los recursos con vistas a repetir la investigación.</li> </ul>

Cuadro 3. Guía orientativa, dirigida a los estudiantes, para la planificación, desarrollo y evaluación de la indagación científica escolar.

- (2021). «Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 18, n.º 1, p. 1108.
- GARCÍA-CARMONA, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A. (2018). «The nature of scientific practice and science education». *Science & Education*, vol. 27, n.º 5, p. 435-455.
- GARCÍA-CARMONA, A.; CRIADO, A. M.; CRUZ-GUZMÁN, M. (2018). «Prospective primary teachers' prior experiences, conceptions, and pedagogical valuations of experimental activities in science education». *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 16, n.º 2, p. 237-253.
- GARRITZ, A. (2006). «Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano». *Revista*

### Reflexiones sobre las prácticas epistémicas desempeñadas

- (1) ¿Qué función pensáis que ha tenido la hipótesis en esta investigación?
- (2) ¿Para qué os ha servido elaborar un modelo científico del fenómeno investigado?
- (3) ¿Qué características diríais que tienen los modelos científicos?
- (4) ¿Qué papel creéis que tienen los experimentos en la investigación científica?
- (5) ¿Qué importancia consideraréis que tienen los errores en la investigación científica?
- (6) De acuerdo con lo que habéis experimentado en clase con esta actividad, ¿qué pensáis que sucede en la comunidad científica cuando dos equipos interpretan los resultados de una investigación de manera diferente?

### Reflexiones sobre las prácticas no-epistémicas desempeñadas

- (1) De acuerdo con vuestra experiencia, ¿de qué manera pensáis que influyen las relaciones personales y los modos de organización de los miembros de un equipo científico en sus investigaciones?
- (2) ¿Por qué creéis que existen normas de «buenas prácticas» para llevar a cabo investigaciones científicas?
- (3) ¿Cómo pensáis que influye la financiación económica de la que dispone un equipo científico en la planificación y desarrollo de sus investigaciones?
- (4) ¿Qué ventajas y posibles inconvenientes consideraréis que puede tener compartir, discutir y evaluar los resultados de una investigación con otros colegas?
- (5) ¿En qué medida creéis que influyen las habilidades para la comunicación de un equipo de científicos a la hora de convencer a otros colegas de sus hallazgos?

Cuadro 4. Cuestiones para la reflexión sobre la naturaleza de las prácticas desempeñadas en la indagación escolar planteada.

- Iberoamericana de Educación, vol. 42, n.º 1, p. 127-152.
- HODSON, D. (2005). «Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research». *Educación Química*, vol. 16, n.º 1, p. 30-38.
- (2014). «Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods». *International Journal of Science Education*, vol. 36, n.º 15, p. 2534-2553.
- INTER-ACADEMY PARTNERSHIP (2010). *Taking inquiry-based science education into secondary education. A global conference*. York, UK: IAP Science Education Program.
- KELLY, G. J.; LICONA, P. (2018). «Epistemic practices and science education». En: MATTHEWS, M. R. (ed.). *History, philosophy and science teaching*. Dordrecht: Springer, p. 139-165.
- LEDERMAN, J. S.; LEDERMAN, N. G.; BARTOS, S. A.; BARTELS, S. L.; MEYER, A. A.; SCHWARTZ, R. S. (2014). «Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry – The views about scientific inquiry (VASI) Questionnaire». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 51, n.º 1, p. 65-83.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2015). *Real Decreto 1105/2014, de 3 de enero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT [OECD] (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. París: OECD Publishing.
- OSBORNE, J. (2014). «Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change». *Journal of Science Teacher Education*, vol. 25, n.º 2, p. 177-196.
- RÖNNEBECK, S.; BERNHOLT, S.; ROPHOHL, M. (2016). «Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities». *Studies in Science Education*, vol. 52, n.º 2, p. 161-197.



#### Antonio García-Carmona

Licenciado en Ciencias Físicas, doctor y catedrático de didáctica de las ciencias experimentales en la Universidad de Sevilla. Ha sido profesor de física y química en educación secundaria durante más de una década. Como formador de profesorado de ciencia, su investigación se centra, principalmente, en la educación científica basada en la indagación / prácticas de la ciencia, la educación CTS y la comprensión de la naturaleza de la ciencia.

C. e.: [garcia-carmona@us.es](mailto:garcia-carmona@us.es)