

RESOLVER PROBLEMAS PARA APRENDER: UNA PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS

GONZÁLEZ, A. y otros
Seminario IDES*, UAB

Palabras clave: resolución de problemas, dinámica científica, educación superior

OBJETIVO

Nos planteamos iniciar una investigación que, a partir del análisis de los problemas que se presentan en la 'clase de problemas' de las licenciaturas de Física, Química, Geología, Biología y Biotecnología y de la contrastación de los resultados con las directrices de Bolonia y con las recomendaciones de la bibliografía especializada en resolución de problemas, identificara unas bases comunes a las diferentes ciencias que permitiera revisar y mejorar los problemas que se proponen a los estudiantes universitarios en la Facultad de Ciencias para desarrollar en ellos competencias de pensamiento científico.

Las *preguntas* que orientan nuestra investigación son:

¿Cuáles son los requisitos que comparten los buenos problemas de ciencias y que los caracterizan? ¿Cómo evaluar competencias de pensamiento científico en los estudiantes de ciencias?

Nuestra *hipótesis de investigación* es que las 15 posibilidades de variación conceptual con las que Toulmin interpreta las situaciones de dinámica científica pueden aplicarse también a la dinámica del conocimiento de los estudiantes.

Nuestro trabajo se ha desarrollado en un seminario que se reúne mensualmente. Los resultados que vamos obteniendo se presentan en cursos para formación de profesores que forman parte de la programación del IDES (Unidad de Innovación de la Docencia en la Enseñanza Superior) para desarrollar y consolidar, en la Universidad Autónoma de Barcelona, las orientaciones docentes que caracterizan al EEES (Espacio Europeo de Educación Superior).

* Forman parte del seminario: Anna Arís, Marià Baig, M^a Mar Carrió, J.A. Chamizo, Digna Couso, Pau Ferrer, Àngels González, Mercè Izquierdo (coordinadora), Javier López, Joan Suades, Antoni Villaverde.

MARCO TEÓRICO

Las ciencias cognitivas, en las que confluyen la historia y filosofía de la ciencia, la psicología cognitiva, la neurociencia y la lingüística, nos proporcionan un marco teórico para analizar los factores que condicionan la emergencia del conocimiento humano. En especial, hemos seguido las orientaciones de R.N. Giere y de S. Toulmin, que proponen el concepto de ‘racionalidad moderada o hipotética’ que ha sido adaptada a los procesos de enseñanza aprendizaje por Izquierdo y Adúriz (2003). Destacamos que la resolución de problemas es un factor clave para comprender como se genera nuevo conocimiento y por lo tanto, para explicar tanto la evolución de una disciplina científica como la evolución del conocimiento individual

Aportaciones de la historia y filosofía de la ciencia

Dice S. Toulmin (1977) siguiendo a Wittgenstein (1921 (op. cit. p.182)

‘En la ciencia, el significado se muestra por el carácter de un procedimiento explicativo; y la verdad, por el éxito de los hombres en hallar aplicaciones para este procedimiento’

Así, Toulmin imagina el progreso científico de las disciplinas como un proceso orientado por ideales explicativos específicos, a lo largo del cual los conceptos compiten de tal manera que sobreviven sólo aquellos que intervienen en las mejores explicaciones. Lo que impulsa la dinámica científica es la identificación de los problemas que han de ser resueltos, que son aquéllos que surgen por las diferencias entre los ideales explicativos de una disciplina y la experiencia acumulada de todos aquéllos que trabajan en el marco de la disciplina, que saben lo que se puede llegar a hacer y explicar con sus conocimientos profesionales y conocen las posibilidades de su repertorio de conceptos.

Problemas científicos = Ideales explicativos - Capacidades corrientes de los profesionales de la disciplina

Por ello, la ‘explicación científica’ no es una argumentación en la cual los conceptos se encadenan de manera lógica, sino una actividad real validada por los valores del momento. El uso racional de los conceptos toma sentido en el interior de esta actividad, según tres aspectos o elementos: 1. el lenguaje, 2. las técnicas de representación (exhibición de las relaciones generales entre objetos, sucesos y fenómenos naturales, no sólo formalismos matemáticos, sino gráficos, diagramas, árboles taxonómicos...) 3. los procedimientos de aplicación de la ciencia.

Los conceptos evolucionan y cambian en la actividad de conseguir ‘explicar’ una situación problemática crucial, puesto que las disciplinas son empresas en evolución. Toulmin considera que los problemas cruciales pertenecen a una de las siguientes posibilidades:

- Problemas que una ciencia puede razonablemente explicar, pero que aún no lo consigue.
- Mejorar las explicaciones para abordar fenómenos conocidos
- Relacionar conceptos en el interior de una misma ciencia.
- Relacionar conceptos de ramas diferentes de la ciencia
- Resolver conflictos entre ideas científicas y extracientíficas

Considera también que estas cinco situaciones problemáticas pueden resolverse de tres maneras diferentes: refinando el lenguaje, las representaciones teóricas o la experimentación, dando lugar a 15 posibilidades de variaciones conceptuales que hacen posible la evolución del conocimiento científico (Estany et al., 1991).

Aportaciones de la Didáctica de las Ciencias

De la misma manera, también la resolución de problemas deberían impulsar los cambios en los conocimientos de los alumnos que conocemos como ‘aprendizaje’. Pero para ello estos problemas han de ser ‘auténticos’ y no meros ejercicios. En efecto, los estudiantes no han de considerar que los procedimientos explicativos son rituales invariables. *Por ello, deben enfrentarse a auténticos problemas, escogidos de tal manera que pueda resolverlos a la vez que evolucionan sus conceptos previos, sus lenguajes y las experiencias que le proporcionan evidencias.*

Ahora bien, un buen problema permite aprender *al ser resuelto*, puesto que así se modifican y avanzan los conocimientos de quien lo resuelve; así, los ‘problemas para aprender’ han de poder ser resueltos de la manera más autónoma posible. Polya, G. (1945) llama ‘heurístico’ al proceso de resolución que consta de las etapas siguientes: leer el enunciado y comprender la pregunta que se plantea, concebir un plan para responder la pregunta (identificar el marco teórico, formular hipótesis y descartar las que no correspondan, elaborar estrategias para obtener la respuesta adecuada (dividir el problema en subproblemas y identificar submetas, recordar problema análogos que ya se saben resolver, relacionar el tema con otros...), ejecutar el plan previsto y verificar el resultado

Para nosotros, este proceso es similar al proceso de modelización científica que se produce en la investigación científica. (Izquierdo y Adúriz, 2003, Arís et al, en prensa) que se desarrolla según el esquema de la figura 1 (Giere, 1988)

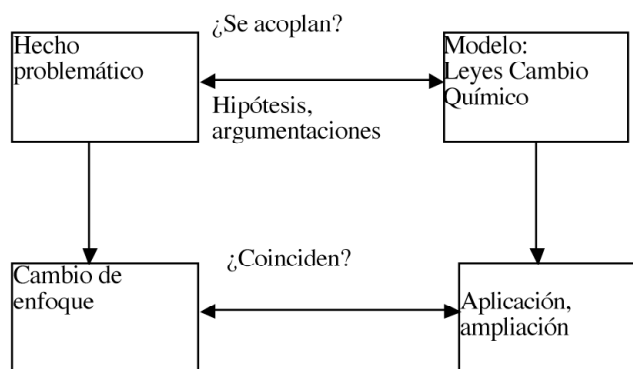


FIGURA 1

El proceso requiere plantear hipótesis que, una vez contrastadas, proporcionan evidencias según las ‘reglas del juego de la disciplina’; ha de ser guiado por ‘buenas preguntas’ que formen parte del enunciado del problema o que sean proporcionadas por el profesorado que conduce la actividad. Pretenden que los alumnos recuerden o revisen lo que se les ha enseñado y dirigir el pensamiento del estudiante de la manera adecuada para la construcción de su propio conocimiento: enfocan (la atención, incitan a comparar, a medir, a relacionar y a razonar de manera consciente sin bloquear al estudiante que está aprendiendo (por ejemplo, es mejor preguntar ¿por qué piensas que..? que preguntar simplemente ¿por qué..?))

Las buenas preguntas desarrollan los conocimientos que los estudiantes pueden utilizar para empezar a resolver el problema (mediante su ‘modelo teórico’ incipiente) y que, gracias a las buenas preguntas y a las explicaciones del profesor y de la bibliografía adecuada, pueden evolucionar hasta alcanzar la meta final, es decir, la resolución del problema y el nuevo ‘modelo’, enriquecido con nuevas entidades científicas, nuevos lenguajes y ‘nuevas reglas del juego’ (es decir, nuevos criterios sobre qué se debe o qué no se debe hacer). Se desarrollan así las competencias de pensamiento científico de los estudiantes.

Los *auténticos problemas* que generan aprendizaje deben activar este tipo de conocimientos, pero es evidente que éstos no son los mismos para todos ellos. Si el problema ya se sabe resolver deja de ser ‘problemático’, se transforma en una rutina y pasan a ser simplemente *ejercicios*. (Bodner, 2002). La resolución de ejercicios no es garantía de aprendizaje significativo ni de comprensión conceptual (Smith et al., 1995); a menudo se consigue aplicando un algoritmo (una fórmula, un proceso algebraico, una frase, una técnica que simplifica el problema) sin comprender su fundamento.

Como ‘ser competente’ es sinónimo de ‘ser autónomo’ se ha de facilitar al estudiante instrumentos que le ayuden a reflexionar sobre su proceso de aprendizaje al resolver los problemas, a la vez que, a modo de andamiaje, le ayudan a construir la trama de conceptos y experiencia que le va a permitir resolver el problema.

METODOLOGÍA, RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

A partir del planteamiento anterior nos preguntamos cuáles son los requisitos que comparten los buenos problemas de ciencias y cómo evaluar competencias de pensamiento científico en los estudiantes de ciencias?

Para avanzar hacia este objetivo h

1. Hemos analizado problemas de los libros de texto en uso en diferentes titulaciones de ciencias mediante la pauta siguiente (cuadro 1)

Finalidad docente

¿Cuál es el concepto clave del problema específico y qué relación tiene con las competencias a las que se refiere el programa del curso / de la asignatura? ¿Cuál es su función docente? ¿Qué conocimientos previos se necesitan?

Contenido específico en el enunciado del problema

¿Cómo es el problema (abierto o cerrado, cualitativo o cuantitativo, práctico o de papel y lápiz, test o narrativo)? ¿Está redactado de manera clara, de manera que los estudiantes lo entiendan? ¿Se formula una ‘buena pregunta’, que oriente hacia la solución?

Estrategias de resolución y aprendizajes que se esperan

¿Qué tipo de respuesta deberían dar los estudiantes? ¿Cómo se resolverá el problema? ¿Qué estrategias de resolución se tendrán que enseñar (mejorando la representación teórica, generando un nuevo lenguaje, dando sentido a las técnicas experimentales) y qué instrumentos didácticos se van a utilizar para potenciar los procesos de metacognición?

Cuadro 1

2. A partir del análisis hemos identificado ‘debilidades’ en algunos problemas y hemos modificado algunos enunciados para hacerlos más ‘problemáticos’. Para ello nos hemos guiado por el esquema de Toulmin para identificar situaciones problemáticas más adecuadas para introducir un ‘modelo teórico’ concreto.

3. También hemos diseñado nuevos problemas (nuevos temas, nuevos formatos, nuevos procedimientos de resolución por ‘modelización’) y los hemos puesto a discusión en el Seminario. Para ello hemos identificado ‘buenas preguntas’ para el desarrollo de las competencias de pensamiento científico vinculadas, según nuestro análisis, a la resolución del problema.

A partir de esta reflexión hemos constatado que nuestras conclusiones eran relevantes en relación a la nueva evaluación por competencias que se propone desde el EEES y hemos procedido a identificar y concretar algunas de ellas las cuales, en consecuencia, pueden ser evaluadas mediante la resolución de problemas específicos.

CONCLUSIONES

Hemos conseguido desarrollar un marco teórico que ha resultado válido para investigar la resolución de problemas como instrumento para desarrollar competencias de pensamiento científico (modelización) en asignaturas diferentes de la Facultad de Ciencias..

En concreto:

- hemos modificado el enunciado de problemas de física y de química para mejorar la ‘consigna’ e incidir mejor en lo esencial del problema y/o para transformarlo en ‘problema’

- se estudiaron y diseñaron ‘problemas para introducir un modelo’ adecuados a la asignatura de ‘física para geólogos’ y química (termodinámica) para estudiantes de Medio Ambiente
- se evaluó positivamente la resolución de problemas de virología en grupo, alternando con clases magistrales, como procedimiento para desarrollar de manera cooperativa y autónoma los conocimientos introducidos en las clases.
- se diseñó un ‘laboratorio virtual’ para resolver problemas prácticos en un formato diferente
- se orientaron las prácticas de biotecnología como problemas abiertos
- se transformaron en problemas de introducción a la profesión las visitas de los estudiantes de último año de química
- se analizaron nuestros propios procesos de análisis y transformación de los problemas tradicionales de ‘papel y lápiz’ para identificar, con ejemplos concretos, cuáles son las competencias de pensamiento científico en las cuales inciden.

Cremos que con ello hemos establecido con claridad y de manera útil para los profesores de la facultad de ciencias la diferencia entre ejercicio y problema, hemos identificado procedimientos para ‘problematizar’ los ejercicios y hemos abierto el camino hacia una reflexión didáctica en la universidad que es imprescindible para vincular las recomendaciones genéricas sobre ‘competencias’ a la tarea concreta de los profesores de las diferentes disciplinas universitarias.

Finalmente, hemos podido concretar con ejemplos que, para nosotros, un estudiante *competente* no ha de mostrar que es capaz de resolver problemas que ya le vienen formulados en términos disciplinares, sino que ha de ser capaz de identificarlos en las situaciones reales, las cuales ha de modelizar para que tomen sentido real las magnitudes y procedimientos explicativos que debe aprender según el programa de formación previsto. Si, al contrario, sólo aprende la manera de resolver problemas que le vienen dados mediante las palabras y ecuaciones apropiados puede quedar atrapado en su superestructura lingüística sin llegar a comprender que ésta no es inmutable y que llegará a ser superada por las circunstancias en algún momento más o menos lejano.

REFERENCIAS

- ARÍS, A., et al. *Resoldre problemes per aprendre*. En prensa, UAB
- BODNER, G.F., HERRON, J.D., 2002. *Problem –solving in Chemistry*. En ‘*Chemical Education – Towards Research-based Practice*’, Gilbert et al. Eds., pp. 235-263, Dordrecht: Kluwer
- ESTANY, A, IZQUIERDO, M. 1991. ‘ Análisis de la evolución del concepto de afinidad química mediante el modelo Toulmin’. *Llull*, 25, pp.349-378.
- GIERE, R.N., 1988. *Explaining Science*. Minneapolis University Press
- IZQUIERDO, M., ADÚRIZ, A., 2003. Epistemological Foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43
- POLYA, G., 1946. *How to solve it: a new aspect of mathematical method*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- SMITH, C.A., POWELL, S.C., WOOD, E.J., 1995. Problem based learning and problem –solving skills. *Biochemical Education*, 23, 149- 152
- TOULMIN, S., 1977 (1972). *La comprensión humana. I. El uso colectivo de los conceptos*. Madrid: Alianza Universidad.