

## PROBLEMAS DE QUÍMICA COMO INVESTIGACIÓN

Dentro del cuerpo de conocimientos de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, la Competencia Científica en una materia determinada se puede entender como: **saber** (los contenidos de la misma<sup>1</sup>), **saber hacer** (relacionado con aspectos procedimentales y metodológicos), y **saber ser y estar** (relacionado con aspectos axiológicos como, por ejemplo, una actitud positiva y un mayor interés hacia la materia en cuestión y su aprendizaje, trabajar en equipo, etc.).

Los profesores de ciencias hemos de impulsar y desarrollar la Competencia Científica entre el alumnado, no solo porque se nos exige sino, sobre todo, porque (y en ello coincide la práctica totalidad de los expertos en Didáctica de las Ciencias Experimentales) es la mejor forma de aprender ciencias. En cuanto a la metodología eso implica, entre otras cosas:

Plantear problemas de interés y saber precisarlos

Elaborar hipótesis fundadas

Elaborar posibles diseños para contrastar las hipótesis

Llevar a la práctica los diseños elaborados

Realizar análisis críticos, interpretar, argumentar, modelizar, búsqueda de coherencia y globalidad

...

La mayor parte del profesorado de Física y Química de Enseñanza Secundaria admite que todas esas actividades u orientaciones anteriores se pueden incorporar y desarrollar con relativa facilidad en los trabajos experimentales, pero ese reconocimiento no es tan grande cuando nos referimos a otro aspecto, también clave para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como es la resolución de problemas “de lápiz y papel”.

En un taller sobre resolución de problemas desarrollado en el Cefire CTEM de Valencia hace unos años intentamos mostrar que también es posible incorporar la mayor parte de las actividades citadas a muchos problemas de Física y, también, a algunos de Química. Para ello tomamos en consideración las investigaciones e innovaciones ya realizadas en este campo (Gil-Pérez y Martínez Torregrosa, 1983; Gil et al., 1991; Martínez Torregrosa y Sifredo, 2005; Furió et al., 1995), en las cuales basamos el modelo didáctico de resolución propuesto en el taller (problemas planteados como pequeñas investigaciones), y trabajamos sobre distintos ejemplos concretos, tratando así de alejarnos de una retórica excesivamente abstracta, que, con frecuencia, acompaña a las llamadas de atención sobre la necesidad de impulsar y desarrollar la competencia científica en el alumnado.

Como continuación de ese taller al que nos referíamos en el párrafo anterior, hemos elaborado el presente documento en el que nos centramos en problemas de Química, reproduciendo los que ya elaboramos para el taller y añadiendo otros nuevos. Algunos de estos problemas constituyen versiones de los concebidos, ensayados y publicados por distintos autores, como fruto de distintos trabajos de investigación sobre ese campo (ved, al respecto, las referencias bibliográficas incluidas al final de este documento). Conviene tener en cuenta que, según nuestra experiencia, en Química las situaciones en las que se pueden plantear y resolver problemas de lápiz y papel como investigación, abundan menos que en Física (y particularmente que en Mecánica). Esta es otra razón por la que hemos estado trabajando en este campo, tratando de mejorar y ampliar lo ya realizado.

Antes de consultar los problemas concretos, conviene detenerse a reflexionar acerca de las orientaciones metodológicas detalladas que conlleva el modelo didáctico de resolución de problemas como investigación (Martínez-Torregrosa et al, 2018):

### Interés por el tema que se va a abordar

---

<sup>1</sup> Es preciso tener en cuenta que conocer bien la materia a enseñar, no se limita a conocer leyes, principios, modelos, teorías y demás contenidos conceptuales específicos de la misma. A esto hay que incorporar también otros conocimientos de historia de la ciencia, implicaciones de la ciencia-tecnología en la sociedad y el ambiente, nuevas tecnologías aplicadas a la educación, etc. Para más detalles, consultad: Carrascosa-Alís, J., y Domínguez-Sales, C. (2017).

Plantear una situación problemática real que despierte interés, favorezca una reflexión inicial sobre el tema, y permita realizar un análisis previo de las circunstancias y las condiciones.

### **1. Planteamiento cualitativo**

**Comenzar por un análisis cualitativo de la situación, planteando con claridad qué es concretamente lo que se pide en el problema, aquello que se busca, qué interés puede tener, precisando así mismo las condiciones que se consideran imperantes en la situación abordada para poder avanzar así en su solución, y apoyándose, siempre que sea posible, en representaciones o esquemas gráficos apropiados.**

Esto es precisamente lo que realizan los expertos cuando se encuentran ante lo que para ellos es un verdadero problema, y también lo que en ocasiones (sin mucho éxito) se recomienda hacer a los alumnos. En general, el alumnado se lanza a operar inmediatamente con los datos numéricos que aparecen en el enunciado, aplicando automáticamente fórmulas en las que figure la magnitud que se busca. Una forma de evitar este operativismo extremo es trabajar con enunciados sin datos. En ese caso los alumnos necesariamente han de pensar acerca de la situación que se plantea y tomar decisiones para acotarla o precisarla, explicitar qué es lo que se trata de averiguar, etc. Posteriormente, una vez asimilado el modelo, serán capaces de realizar este mismo planteamiento cualitativo también cuando el problema se formule con un enunciado tradicional.

Este planteamiento cualitativo también debe incluir, siempre que el contenido lo permita, la comparación de la situación planteada en el laboratorio con otras de la vida cotidiana. Por ejemplo, se puede indicar que cuando se habla de reacciones a volumen constante o a presión constante, son situaciones similares, respectivamente, a cocinar utilizando una olla con la tapadera herméticamente cerrada (que mantiene el volumen modificando la presión) o una olla con la tapadera abierta o móvil (que mantiene la presión modificando el volumen).

### **2. Emisión de hipótesis**

**Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de dicha dependencia, imaginando, en particular, posibles casos límite de fácil interpretación.**

La emisión de hipótesis supone una de las actividades más importantes a realizar en cualquier investigación, y en la enseñanza de las ciencias constituye una excelente ocasión para poner de manifiesto (de manera funcional) la existencia de posibles ideas alternativas entre el alumnado<sup>2</sup>, que habrán de ser valoradas y contrastadas. Los datos necesarios para la resolución del problema vendrán marcados precisamente por aquellos factores que se hayan considerado en las hipótesis emitidas (esos factores serán los datos). Finalmente, conviene tener en cuenta que el hecho de aventurar cómo pueden influir dichos factores y analizar algún caso límite evidente, contribuye especialmente a poder realizar después un mejor análisis del resultado (otro aspecto fundamental del trabajo científico). Al elaborar hipótesis y considerar casos límite, el alumnado profundiza su conocimiento cualitativo de la situación planteada.

### **3. Estrategias de resolución**

**Elaboración y exposición, de manera clara y concisa, de una posible estrategia para la resolución del problema antes de proceder a esta, evitando recurrir al simple ensayo y error.**

Se trata de que el alumnado, utilizando sus conocimientos de partida, elabore de manera fundamentada una estrategia que pueda conducir a la resolución del problema y sea capaz de exponerla de forma resumida argumentando sobre ella e indicando los pasos a seguir. Esta etapa sería equivalente a lo que en una investigación

<sup>2</sup> Por ejemplo, la idea de que en algunas reacciones (como las de combustión), la masa no se conserva, o la de que la leche recién ordeñada o el aire limpio de la montaña, son sustancias “puras”.

científica se considera como la elaboración de diseños para la contrastación de las hipótesis emitidas y es una actividad excelente para favorecer el desarrollo de la imaginación y la creatividad.

### **Hacer referencia cuando sea posible a otros métodos alternativos de resolución.**

Buscar distintas vías para la resolución de un mismo problema y debatir sobre ellas es algo que no solo posibilita una mejor contrastación de los resultados obtenidos sino que, además, puede contribuir decisivamente a que el alumnado llegue a percibir la coherencia global y la validez del cuerpo de conocimientos que se va construyendo. Por otra parte, contribuye a desarrollar una imagen de la ciencia más cercana a la realidad, ya que las contrastaciones por distintas vías juegan un papel fundamental en el trabajo científico.

## **4. Resolución propiamente dicha**

### **Proceder a resolver el problema de acuerdo con la estrategia escogida, razonando lo que se hace y por qué se hace, sin caer en operativismos carentes de significado.**

Se trata esencialmente de que se haga referencia a la información teórica disponible, se justifiquen las expresiones que se van a utilizar comprobando, por ejemplo, que su campo de validez es el adecuado según las condiciones que se consideran imperantes en la situación planteada y de que, sobre todo, no se proceda a una resolución mecánica o mimética del problema.

### **Efectuar, siempre que sea factible, una resolución literal del problema, evitando la tendencia a trabajar desde el principio con los valores numéricos.**

Conviene tener en cuenta que no se trata de evitar que el alumnado maneje datos cuantitativos y obtenga un resultado final expresado numéricamente sino, más bien, de que hagan esto cuando corresponda. En muchos casos es posible efectuar una resolución literal antes de sustituir los valores numéricos. Obviamente, esto resulta un paso difícil para un alumnado acostumbrado a manejar fórmulas y operar con los números de forma inmediata. Sin embargo, se trata de una actividad esencial para conseguir, entre otras cosas, poder realizar un buen análisis crítico del resultado.

## **5. Análisis de resultados**

### **Analizar el o los resultados obtenidos mediante resolución literal, a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados. Realizar también un sencillo análisis dimensional.**

El análisis de los resultados de un problema se puede realizar cuando estos vienen dados en forma de una expresión literal, ya que entonces es posible comprobar, de acuerdo con las hipótesis y casos límite de partida, la influencia de las magnitudes que aparecen en ellos. Además, conviene tener presente que es aquí, precisamente, en donde se puede producir algún conflicto cognoscitivo (cuando, por ejemplo, en el resultado no aparece alguna magnitud que sí había sido considerada como influyente durante el planteamiento cualitativo), convirtiéndose así los problemas en poderosos instrumentos para un desarrollo realmente efectivo de la competencia científica.

### **Analizar los valores encontrados planteándose si son valores lógicos o no.**

A veces es posible que un resultado numérico se desvíe tanto que se convierta en absurdo. Este es el caso de aquellos que, ante un problema determinado obtienen, por ejemplo, que un átomo de oxígeno tiene una masa de 16g, o un valor negativo para una temperatura absoluta, sin que ello les suponga ninguna inquietud.

## **6. Perspectivas abiertas**

### **Considerar las perspectivas abiertas tras la resolución del problema.**

Contemplar, por ejemplo, la posibilidad de abordarlo con un mayor nivel de complejidad, estudiando sus implicaciones teóricas (profundización en la comprensión de algún concepto), prácticas (situaciones similares de interés técnico), etc.

Además de las orientaciones anteriores, en nuestra opinión conviene contemplar también (en la medida de lo posible) otros aspectos, tales como:

**En el momento oportuno utilizar las nuevas tecnologías para mejorar el aprendizaje derivado de la resolución de problemas.**

Se trata, por ejemplo, de búsquedas bibliográficas a través de internet para ampliar y profundizar sobre algún contenido contemplado en el problema, utilizar applets y aplicaciones que permitan visualizar algún aspecto concreto (por ejemplo, la influencia que tiene en el resultado cambiar una u otra variable), etc. Es conveniente poner un especial cuidado en utilizar estas nuevas tecnologías de forma coherente con el modelo de resolución de problemas que estamos desarrollando. Ello supone, entre otras cosas, evitar la utilización exclusiva de la mera transmisión verbal de conocimientos por parte del profesor, que inevitablemente conduce a plantear los problemas como simples ejercicios de aplicación, independientemente del tipo de tecnologías que se utilicen en el proceso. También es importante hacer reflexionar al alumnado sobre el significado de los parámetros utilizados, la relación entre las imágenes o gráficas que aparezcan en la pantalla con los conceptos estudiados o el significado de los resultados obtenidos.

**Relacionar, en su caso, el problema con aspectos prácticos, científico-tecnológicos, históricos, sociales o del medio natural.**

Siempre que la naturaleza de la situación lo permita, hay que incluir en la resolución del problema alguna reflexión sobre su posible interés científico-tecnológico o sus implicaciones en la vida de las personas y en la naturaleza. Con ello se contribuye, no solo a una toma más fundamentada de decisiones, sino también a poner en cuestión una imagen descontextualizada de la Ciencia y el trabajo científico. También hay problemas en los que es posible una confirmación experimental rápida y sencilla del resultado cuantitativo obtenido.

Conviene señalar que algunas de las características anteriores, como el planteamiento cualitativo inicial o el análisis (de algún modo) del resultado, son consideradas fundamentales desde cualquier enfoque dado a la resolución de problemas, de tal modo que su carencia evidenciaría deficiencias “absolutas” en la didáctica de la resolución de problemas. Además, son orientaciones generales que alertan contra determinados vicios metodológicos que impiden tratar los problemas como lo que son o deberían ser (situaciones a resolver para las que, de entrada, no se dispone de una solución evidente). Para que se puedan contemplar en una programación y, lo que es más importante, para que el profesorado pueda apropiarse de ellas como punto de partida en el que apoyarse, es absolutamente necesario, entre otras cosas, disponer en primer lugar de colecciones de problemas acordes con dichas orientaciones.

En esta colección se desarrollan a modo de ejemplo una serie de problemas resueltos procurando seguir el esquema propuesto. Los aspectos tratados son los siguientes:

1. Propiedades de los gases. Presión de los neumáticos
2. Estudio de las disoluciones. Dilución de ácidos
3. Estudio de las disoluciones. Alcoholemia
4. Solubilidad de una disolución a partir de un sólido
5. Disoluciones homeopáticas. Mitos y realidades
6. Estequiometría. Cantidades en masa y en volumen
7. Combustión de fuel. Lluvia ácida
8. Respiración de las plantas y combustión de hidrocarburos
9. Fabricación de cemento. Efecto invernadero
10. Reacciones de neutralización. Antiácidos
11. Reacción de saponificación. Jabón potásico

**Bibliografía consultada en la elaboración de este documento:**

Carrascosa-Alís, J., y Domínguez-Sales, M. C. (2017). Problemas que dificultan una mejor utilización de la Didáctica de las Ciencias en la formación del profesorado y en la enseñanza secundaria. *Revista Científica*, 30 (3), 167–180.

<https://doi.org/10.14483/23448350.12289>

Furió, C., Iturbe, J., Reyes, J.V. (1995). ¿Cuánto contaminará una central térmica que funciona con fuel? Un ejemplo de resolución de problemas como investigación. *Alambique*, 5, pp. 27-36.

Gil Pérez, D., Carrascosa, J. Furió, C.; Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/ Universidad de Barcelona. Barcelona: Horsori. Capítulo II (páginas 41-54). Accesible en ResearchGate y en [didactica fisica quimica.es](http://didactica fisica quimica.es)

Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5, (4), pp. 447-455.

Martínez Torregrosa, J. y Sifredo, C. (2005). ¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés? En: Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (2005). Capítulo 5 (páginas 103-121). Accesible en Internet: [http://www.unesco.org/new/es/santiago/resources/single-publication/news/como\\_promover\\_el\\_interes\\_por\\_la\\_cultura\\_cientifica/](http://www.unesco.org/new/es/santiago/resources/single-publication/news/como_promover_el_interes_por_la_cultura_cientifica/)

Martínez Torregrosa, J., Gil Pérez, D., Becerra Labra, C y Guisasola, J. (2018). ¿Podemos mejorar la enseñanza de la resolución de problemas de “lápiz y papel” en las aulas de Física y Química? *Educación Química*, 16, (2), pp. 230-245. Accesible en ResearchGate.

Ramírez Castro, L. (1990). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación en la Enseñanza Media: un instrumento de cambio metodológico*. Tesis Doctoral presentada en la Facultad de Química de la Universitat de Barcelona.

Reyes, J, V. (1991). *La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Tesis doctoral presentada en la Universidad del País Vasco.