



## Secuencia de actividades para la enseñanza de las reacciones químicas

### *Sequence of activities for teaching chemical reactions*

Laura Lepiane-Faranna<sup>1</sup> y Juan-Francisco Álvarez-Herrero<sup>1</sup>

Recepción: 05/01/2022  
Aceptación: 15/09/2022

#### Resumen

Este trabajo de investigación propone a partir de una sólida fundamentación teórica, la aplicación de la enseñanza problematizada para el tema de “Los cambios químicos” de 4º curso de ESO (Educación Secundaria Obligatoria). Los contenidos son los exigidos en el currículum de la asignatura de Física y Química de dicho curso en el boletín oficial del estado (BOE). Tiene como objetivo principal el presentar una secuencia de actividades pensadas para la comprensión por parte del alumnado de las reacciones químicas, y todo en su contenido está orientado a la justificación de esta secuencia.

#### Palabras clave

Reacciones químicas, educación secundaria, enseñanza problematizada, física y química.

#### Abstract

This research work proposes, with a solid theoretical foundation, the application of problem-based teaching for the subject of “Chemical changes” in the 4th ESO (Educación Secundaria Obligatoria). The contents are those required in the curriculum of the subject of Physics and Chemistry of this course in the official state bulletin (BOE). Its main objective is to present a sequence of activities designed for students’ understanding of chemical reactions, and all its content is oriented towards the justification of this sequence.

#### Keywords

Chemical reactions, secondary education, problematized teaching, physics, and chemistry.

<sup>1</sup> Departamento de Didáctica General y Didácticas Específicas, Facultad de Educación, Universidad de Alicante, Alicante (España)

## Introducción

En la enseñanza de las ciencias, se lleva años hablando sobre la idea espontánea de que son difíciles y que se espera un alto porcentaje de suspensos (Solbes et al., 2007). Pero ¿el problema residirá en el hecho de que el alumnado no entiende las ciencias o en el hecho de que está mal diseñada su enseñanza? Una innovación al respecto está en aquella metodología de enseñanza que presenta las ciencias desarrollándolas de manera problematizada (García Osuna et al., 2007). Se abarcan conceptos incluidos en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato en España, como son: las reacciones, cantidad de sustancia, y cálculos estequiométricos; dentro del Bloque 3: Los cambios, de la programación didáctica de 4º curso de ESO (Ministerio de Educación, 2015). Es necesario realizar una breve introducción epistemológica que sirva para comprender cómo se ha llegado a lo que hoy conocemos como química (Gallego et al., 2007).

Los primeros indicios de la química se remontan al 2000 a. C. con la creación de perfumes. Más tarde, en Alejandría, surgió la *Khemeia* vinculada al embalsamado. Pocas evidencias más se tienen de la antigüedad ya que en la época romana, se quemó todo por miedo al poder que supondrían estos conocimientos. Ya en el siglo VII, comienza una rama árabe que se denominó *Alkimiya* (Vargas, 2004). En esta época, se planteaba que solo existían dos elementos, el azufre y el mercurio, y además se desarrollaron prácticas como la destilación o la purificación. Esta alquimia llegó a Europa en la Edad Media, y fue vista por una parte de la población como brujería. El principal objetivo en esta época era conseguir transformar metales en oro. El papa Juan XXII por miedo una vez más al poder que daría conseguirlo, prohibió la alquimia (Navarro, 2020), y empezaron a surgir ramas como la mineralogía o la medicina. En la Edad Moderna, llegó a las universidades y poco a poco se fue convirtiendo en nuestra química de hoy en día.

El estudio epistemológico pone de manifiesto la necesidad y ambición del ser humano por conocer de manera cada vez más profunda cómo funcionan las sustancias, cómo se comportan los elementos o qué ocurre al mezclar unas sustancias con otras. Aquí radica la importancia del conocimiento de las reacciones químicas (Ortega, 2019).

## Contextualización

La finalidad de la ESO es que el alumnado adquiera elementos básicos de la cultura y consolide hábitos de estudio y de trabajo, prepararlos para su incorporación a estudios posteriores y para su inserción laboral y su vida profesional. El cuarto y último curso tiene carácter propedéutico, lo que lo convierte en un curso decisivo (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020). La tasa de variación de los estudiantes matriculados en grados de ciencias ha descendido en los últimos 15 años, indicador de que las ciencias no están resultando atractivas. El imaginario social de los científicos que tienen los estudiantes es que es una elección vocacional (Muñoz Rodríguez et al., 2019) y esto origina que los estudiantes no vocacionales huyan de estas disciplinas.

Los contenidos sobre las reacciones químicas aparecen a partir de 2º curso de la ESO, lo que induce a ideas previas en ocasiones incorrectas como que las partículas se pueden evaporar (Furió y Furió, 2018) o los lleva a asociar un cambio de alguna propiedad

a un cambio químico (Díaz et al., 2008; Sánchez Jiménez y Oñorbe de Torre, 1992). Por ello, cuando en cuarto curso, un profesor se dispone a enseñar un determinado tema de química, se enfrenta a un vacío en el que el alumnado trae consigo muchas ideas previas. Por otra parte, debido a la presencia abundante de profesorado con clases magistrales, el alumnado no es capaz de desarrollar el pensamiento científico o pensar por medio de la epistemología científica. Para el estudiante la realidad del mundo natural coincide con sus percepciones sensoriales sin tener en cuenta que dichas percepciones son filtradas a priori por lo que ya existe (Johnstone et al., 1994) y esto remarca la importancia de saber los conocimientos previos y de evitar la fijación funcional, en la que el alumnado se ciñe al aprendizaje memorístico impidiendo la reflexión. Existen factores que pueden influir en la mala percepción como son: la falta de diversidad de género al explicar las ciencias, la falta de conexión con la realidad del alumno, la asociación de la ciencia a hechos negativos (la llamada "quimiofobia": relación causa/efecto productos químicos/enfermedades), o la existencia de errores conceptuales en algunos libros de texto y otros aspectos de tipo metodológico (García Osuna et al., 2007). Por otro lado, se tiene una gran preocupación por los problemas ambientales y existe una percepción de la química como una de sus grandes responsables (Vivas-Reyes, 2009). Se tiene la imagen de la ciencia descontextualizada, acumulativa y de crecimiento lineal, una ciencia neutra, sin ideología y una visión individualista y elitista (Caamaño, 2010). En la construcción del conocimiento científico, solo será posible evaluar al alumnado en acción, y a través de genuinas preguntas en las que se promueva una reflexión en la vida del estudiante promoviendo una observación, reflexión y discusión llevándole a desarrollar la argumentación científica (Izquierdo y Merino, 2021).

## Metodología

En el presente artículo se busca aportar una visión problematizada (donde el alumnado se va planteando cuestiones que va poco a poco resolviendo) de los conceptos de las reacciones químicas, cantidad de sustancia, y cálculos estequiométricos del Bloque 3: Los cambios, de 4º ESO (Ministerio de Educación, 2015). Los objetivos obstáculo que se presentan en estos contenidos y que se busca solventar, son comprender:

- En un cambio químico cambia la forma en que se combinan los elementos
- Conceptos de átomo, partícula, molécula
- Los coeficientes estequiométricos son proporciones

La metodología escogida es la enseñanza por investigación dirigida. Así, el tema presenta una situación problemática que servirá de punto de partida para que los estudiantes se apropien del tema. Todo lo que se introduce en él tiene sentido y favorece las recapitulaciones periódicas. La estructura es reforzada por un programa-guía que se presenta en el aula y el cual permite al alumnado debatir en pequeños grupos, haciendo una puesta en común de las respuestas y avanzando en el problema planteado. Está demostrado que esta forma de enseñanza/aprendizaje genera actitudes mucho más positivas en el alumnado que la enseñanza tradicional (Cheng, 2018; García Osuna et al., 2007).

## Competencias y contenidos a desarrollar

El alumnado debe desarrollar una serie de competencias científicas ligadas a los contenidos a desarrollar en este tema: teoría de las colisiones, ley de conservación de la masa, las reacciones químicas, cálculos estequiométricos, el concepto de mol, entre otros.

Los criterios de evaluación y competencias clave serán:

- Utilizar la teoría de colisiones para interpretar reacciones químicas sencillas y deducir la ley de conservación de la masa. (CMCT<sup>1</sup>, CAA<sup>2</sup>)
- Relacionar la cantidad de sustancia, la masa atómica o molecular y la constante del número de Avogadro para realizar cálculos sencillos y aplicarlos al cálculo de la molaridad de una disolución. (CMCT)
- Escribir y ajustar ecuaciones químicas sencillas de distinto tipo para interpretarlas cuantitativamente y realizar cálculos estequiométricos con ellas, aplicando la ley de conservación de la masa a reacciones en las que intervengan compuestos en cualquier estado, con reactivos puros y suponiendo un rendimiento completo. (CMCT)

## Propuesta didáctica. ¿qué vamos a estudiar y por qué?

Como se ha visto en cursos anteriores (2º y 3º de ESO), existen diferencias entre cambios químicos y cambios físicos. En nuestro tema, nos centraremos en cambios químicos. Para poder continuar y conseguir apropiarnos del tema debemos estar seguros de que partimos de concepciones previas que son correctas, y lo haremos con las siguientes actividades:

A.1) Indica en las siguientes situaciones si el cambio que se produce es físico o químico y tras la puesta en común, define cambio físico y cambio químico:

- Hielo que se derrite.
- Mezclar leche con azúcar.
- Preparar café.
- Prender fuego un papel.
- Derretir mantequilla en una sartén.

Un cambio físico no altera las propiedades características de la sustancia, un cambio químico sí.

A.2) ¿Qué interés puede tener el estudio de los cambios químicos?

Los conceptos que manejaremos en cambios químicos son necesarios y útiles. Se utilizan en medicina, pirotecnia, abonos, fármacos, combustibles,...

<sup>1</sup> Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

<sup>2</sup> Competencia aprender a aprender.

Las sustancias que sufren un cambio químico, al mezclarlas se dice que reaccionan. Una reacción es, por lo tanto, aquello que ocurre cuando una o más sustancias en una situación determinada se mezclan dando lugar a otra u otras diferentes. Existen muchas preguntas en torno a la definición de reacción. Y no es tan sencillo conseguir responderlas, ese será nuestro principal objetivo en este tema.

A.3) Lee el siguiente texto:

“He descubierto que el azufre al arder, lejos de perder peso, le ocurre lo contrario; es decir, que de una libra de azufre se puede obtener mucho más que una libra de ácido sulfúrico; este aumento de peso proviene de una cantidad prodigiosa de aire que se fija durante la combustión y que se combina con los vapores. Este descubrimiento me hace pensar que lo que se observa podía muy bien tener lugar en todos los cuerpos que adquieren peso por la combustión y la calcinación [...] Este descubrimiento me ha parecido uno de los más importantes de los que se han hecho desde Stahl, por lo que he creído que debía asegurarme su propiedad, haciendo el presente depósito en la Academia.

En París, el 1 de noviembre 1772. Lavoisier”

Los conceptos que hoy en día usamos no siempre han sido tan conocidos. Esta unidad intentaremos conseguir poco a poco descubrir cómo podemos definir y describir de la mejor manera posible las reacciones.

A.4) Mencionar aspectos que creas necesarios para poder describir una reacción.

Los aspectos que serían necesarios podrían ser: qué ocurre con las partículas que reaccionan, por qué se obtiene más o menos dependiendo de las sustancias que reaccionan y cuánta sustancia final se obtiene.

Una vez establecidos los pasos necesarios, estamos en disposición de elaborar un índice del tema a modo de estrategia para resolver nuestro problema inicial.

1. Invención de un modelo que nos permita explicar las reacciones.
2. ¿Cómo podemos comprobar nuestro modelo de reacción?
  - ¿Se conserva la masa?
  - ¿Es posible predecir qué cantidad de producto se obtendrá? Conceptos de cantidad de materia, concentración de una disolución y resolución de problemas de estequiometría.
3. Limitación de los conceptos aprendidos.
4. Recapitulación.
  1. Invención de un modelo que explique las reacciones.

*¿Cómo se producen las reacciones?*

Al observar una reacción, vemos como unas sustancias dan lugar a otras, por lo que podemos asociar reacción a cambio químico. Para comenzar a resolver la cuestión, deberíamos saber

expresar las reacciones en diferentes términos. Podría servir el uso de tres niveles de “visión” y en cada caso considerar uno u otro de manera que nuestro problema sea más simple.

- El nivel macroscópico, se explican las reacciones en función de lo que somos capaces de ver a simple vista o de la variación de determinadas propiedades.
- El nivel microscópico consiste en describir una reacción comprendiendo qué está ocurriendo con los átomos o moléculas que intervienen en ella.
- El nivel simbólico (o ecuación química), es ser capaz de expresar con los símbolos de los elementos y las proporciones adecuadas, una reacción. La representación de las reacciones con la ecuación química es la siguiente:

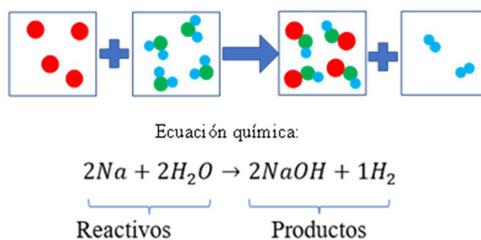
Reactivos → Productos

A la izquierda pondremos las sustancias que hay inicialmente y a la derecha las que se obtienen como resultado. Cada sustancia será representada por su símbolo y llevará delante lo que llamaremos el coeficiente estequiométrico el cual indica la **proporción** en que esa sustancia participa en la reacción. Normalmente al estudiar una reacción se observa un cambio a nivel macroscópico, se explica qué ocurre a nivel microscópico y se representa simbólicamente.

A.5) En el laboratorio mezclamos agua con sodio y observamos cómo se desprende calor y el sodio desaparece (se trata de una reacción muy violenta que se debe hacer con supervisión y mucho cuidado). ¿Nuestra observación es macroscópica, microscópica o simbólica? Representa la reacción microscópica y simbólicamente.

*Macroscópica*

Microscópico y simbólico (Figura 1):



**FIGURA 1.** Reacción entre Na y H<sub>2</sub>O.

### 1.1. ¿Cómo se producen las reacciones?

Una vez que hemos conseguido *expresar* las reacciones, estableceremos un mecanismo de reacción hipotético, que busque explicar qué es lo que ocurre con las sustancias al reaccionar.

A.6) ¿Qué crees que deberá ocurrir para que las sustancias reaccionen?

En esta cuestión se invita al alumnado a hacer una especie de lluvia de ideas.

Al moverse las partículas para reaccionar:

- Deberían encontrarse las que van a reaccionar.
- Deberían chocar lo suficientemente fuerte.
- Deberían chocar en la orientación adecuada.

Diseñemos el modelo para una reacción.

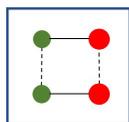
A.7) ¿Cómo se produce la siguiente reacción:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HCl}(\text{g})$ ?

Teniendo en cuenta la puesta en común anterior, podríamos decir que:

Para que se produzca la reacción las moléculas de  $\text{Cl}_2$  (de rojo en la figura) y de  $\text{H}_2$  (de verde en la figura) deben chocar con la energía suficiente y en la orientación adecuada: (Figura 2).



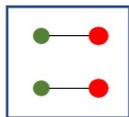
FIGURA 2. Colisiones con orientación adecuada.



Cuando se aproximan los enlaces antiguos deben romperse y los nuevos se forman: (Figura 3).

Finalmente, se obtienen las moléculas de los productos: (figura 4).

A este mecanismo le llamaremos **Teoría de colisiones**.



A.8) Enuncia nuestro hipotético mecanismo para las reacciones:

Teoría de colisiones: Para que las sustancias reaccionen, sus partículas deben colisionar en la orientación adecuada y con la energía necesaria. Una vez que se aproximan de manera correcta, los enlaces se rompen y se forman nuevos enlaces, dando lugar a sustancias diferentes. Según nuestro modelo, al reaccionar no cambian los átomos, sino que cambia la manera en que están asociados.

De esta manera la reacción cuya ecuación química es  $\text{A} + 2\text{B}_2 \rightarrow \text{AB}_4$ , microscópicamente sería como la Figura 5.

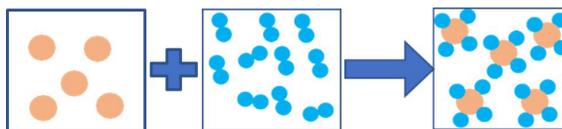


FIGURA 5. Reacción formación de  $\text{AB}_4$ .

**¿Cómo podemos comprobar nuestro modelo de reacción?**

**¿Se conserva la masa?**

A.9) Se introduce en un recipiente 50 g de papel se enciende con un mechero y rápidamente se cierra. Si al cerrar el recipiente tiene una masa total de 250 g, cuando se haya terminado de quemar el papel, ¿Cuánto pesará el recipiente cerrado? Pista: recuerda la ley de conservación de la masa) *Este ejercicio está planteado para que sean conscientes de los gases, y de su influencia. Más de uno tendrá la idea de restar esos 50 g de papel porque al haberse quemado dirán que desaparece. La respuesta es 250 g.*

Si una sustancia está formada por átomos, estos átomos no pueden desaparecer, se pueden “recombinar”. Esto llevó a Marie Anne y Antoine Lavoisier a enunciar la “Ley de conservación de la masa” “En todas las reacciones, la masa permanece constante”. En una reacción, la suma de la masa de los reactivos equivale a la suma de la masa de los productos.

A.10) ¿Este hecho podría valer para comprobar nuestra hipótesis? ¿Cumple nuestro modelo con este comportamiento? ¿Qué podría implicar esto?

Comprobar que nuestro modelo se ajusta a hechos reales, lo validaría. Nuestro modelo cumple este hecho por lo que damos por válida nuestra teoría de las colisiones. Además, con este concepto seremos capaces de predecir la cantidad de producto que se obtendrá.

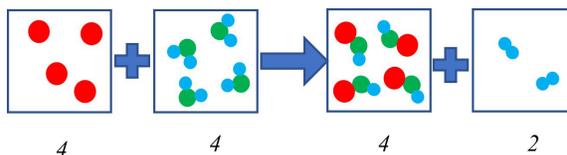
*¿Cómo podríamos predecir qué cantidad de producto se obtendrá?*

Ahora queremos ser capaces de predecir cuánto producto se obtendrá en una reacción. Para poder conseguirlo, debemos encontrar las formas de medir la cantidad de materia. Y después comprobar que nuestro modelo se ajusta a la realidad.

*Conceptos de cantidad de materia.*

Al hablar de cantidades en reacciones, lo correcto sería decir partículas, indicando cuántas partículas reaccionan y cuántas se obtienen.

A.11) En la figura 6 de la reacción entre Na y H<sub>2</sub>O, indica las partículas de cada sustancia.



**FIGURA 6.** Reacción Na y H<sub>2</sub>O.

**FIGURA 7.** Mezcla de dos sustancias para obtener un producto.



A.12) En la figura 7 indica las cantidades de reactivo y de producto.

No es posible, se necesita saber cuántas partículas contiene el matraz ya que, según nuestro modelo, las reacciones son de las partículas no de la disolución.

A.13) ¿Cuántas partículas podría haber en cada matraz?

- Un millón
- Cien mil
- Cien
- Una

A.14) ¿Sería posible el uso de la masa para la comparación de las cantidades en química?

¿Sabías que...

1 kg de hierro tiene unos  $10,8 \cdot 10^{24}$  átomos de hierro

1 kg de aluminio tiene unos  $22,3 \cdot 10^{24}$  átomos de aluminio

1 kg de agua tiene unas  $33,5 \cdot 10^{24}$  moléculas de agua?

No, como se observa en la figura 8, 1 kg de hierro, uno de aluminio y uno de agua, no contiene la misma cantidad de partículas. Por lo que lo más adecuado para poder comparar cantidades es con el concepto de partículas.

**FIGURA 8.** Comparación masa y partículas.

A.15) ¿Qué tipo de magnitud sería necesaria para poder avanzar?

Hablar en cantidad de partículas supone manejar cifras muy elevadas.

Aparece pues, la necesidad de inventar un concepto en el cual se puedan comparar cantidades de sustancia sin caer en posibles errores. ¿Y si la nueva magnitud fuera una agrupación de “partículas” y, a partir de ahora, contáramos las partículas de mil en mil o de veinte en veinte? Esto ya se hizo en 1971, y al nuevo concepto se le llamó mol. Se dijo que el mol sería un “paquete” de  $6,022 \cdot 10^{23}$  partículas. Amedeo Avogadro observó ya en 1811 que volúmenes iguales de gases en las mismas condiciones tenían el mismo número de partículas, a ese número, se le llamó número de Avogadro. Así, un mol de cualquier sustancia tiene  $6,022 \cdot 10^{23}$  partículas y lo que pesa un mol en gramos es llamado masa atómica o masa molecular relativa. Una vez conseguida una magnitud que utilizar para poder trabajar con las reacciones, busquemos ahora la relación entre cada una de las magnitudes empleadas.

A.16) Halla la relación entre el número de partículas (N) y el número de Avogadro ( $N_A$ ), que nos permita obtener el número de moles (n).

A.17) Halla la relación entre n (número de moles) y la masa molar de la sustancia (M), que nos permita obtener los gramos (m).

Llegamos a las siguientes relaciones:

$$n = N / N_A$$

$$m = n \cdot M$$

A.18) Con las relaciones obtenidas resuelve las siguientes cuestiones (se presenta la solución de uno a modo de ejemplo):

- ¿Cuántos moles son un kilogramo de NaCl?

$$m_{NaCl} = n_{NaCl} \cdot M_{NaCl} \qquad n_{NaCl} = m_{NaCl} / M_{NaCl}$$

$M_{NaCl} = M_{Na} + M_{Cl}$  (la masa molar del cloruro sódico es igual a la masa del sodio más la masa del cloro)

$$M_{NaCl} = 23 + 35,45$$

$$n_{NaCl} = 1000 / 58,45$$

$$M_{NaCl} = 58,45$$

$$n_{NaCl} = 17,10 \text{ moles NaCl}$$

- ¿Cuántas partículas son 1 Kg de NaCl?
- ¿Cuántos átomos de cloro hay en 1Kg de NaCl?
- ¿Cuántas partículas hay en 60 g de Fe?
- ¿Cuántos gramos son  $6 \cdot 10^{20}$  átomos de Fe?
- ¿Cuántos moles son  $6 \cdot 10^{20}$  átomos de Fe?
- ¿Cuántos gramos son  $6 \cdot 10^{20}$  átomos de B?
- ¿Cuántos moles son  $6 \cdot 10^{20}$  átomos de B?

### Conceptos de concentración de una disolución.

Ya está claro el concepto de cantidad de sustancia, pero normalmente nosotros no manejamos sustancias a secas, manejamos mezclas, disoluciones, debemos conseguir expresar este concepto para poder predecir la cantidad de producto que obtendremos.

A.19) Toma dos vasos de precipitados, añade a cada uno 300 ml de H<sub>2</sub>O, añade ahora a uno 3g de NaCl y al otro 9g. Agita o mezcla bien con una varilla y fíjate a continuación en lo que sucede. ¿Observas alguna diferencia?

En ambos casos añadimos sal a un volumen de agua, y a pesar de ser cantidades diferentes observamos lo mismo. Necesitamos, por lo tanto, expresar cuánta sal hemos añadido a un volumen determinado de agua. Definimos a partir de ahora, el concepto de concentración de disolución. Una disolución está formada por un disolvente (en nuestro caso, el agua) y un soluto (la sal). La cantidad de soluto que se halla disuelto por cantidad de disolvente o por cantidad de disolución, se llama concentración (C), y se expresa en unidades llamadas Molaridad (M). La cantidad de soluto la expresaremos en moles y la cantidad de disolución, en volumen, de modo que quedaría:

$$C (M) = \frac{n_s (\text{moles soluto})}{V (l \text{ disolución})}$$

A.20) En los siguientes casos calcula la concentración del soluto (el primero se resuelve a modo de ejemplo):

- 200 ml de H<sub>2</sub>O con 10 g de NaCl

$$C (M) = \frac{n_s (\text{moles soluto})}{V (l \text{ disolución})}$$

El primer paso es poner las unidades adecuadas

Pasamos primero los 10 g a moles:

$$m_{\text{NaCl}} = n_{\text{NaCl}} \cdot M_{\text{NaCl}}$$

$$n_{\text{NaCl}} = m_{\text{NaCl}} / M_{\text{NaCl}}$$

$$M_{\text{NaCl}} = M_{\text{Na}} + M_{\text{Cl}}$$

$$n_{\text{NaCl}} = 10 / 58,45$$

$$M_{\text{NaCl}} = 23 + 35,45$$

$$n_{\text{NaCl}} = 0,17 \text{ moles NaCl}$$

Podemos sustituir en la fórmula:

$$C (M) = \frac{0,17}{0,200} = 0,85 M$$

- 3 moles de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en 2 l de agua
- 6,022·10<sup>23</sup> moléculas de HCl en 2 l de agua

A.21) Indica los pasos necesarios para preparar 1 l de NaCl 0,5 M.

Como el NaCl es sólido, bastará con pesar la cantidad necesaria para preparar 1 l de disolución. Se calcula la masa de NaCl necesaria:

$$c(M) = \frac{n_s \text{ (moles soluto)}}{V \text{ (l disolución)}}$$

$$M_{NaCl} = 58,45 \text{ u}$$

$$ns = C \cdot V = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ moles NaCl}$$

$$m_{NaCl} = 0,5 \cdot 58,45$$

$$m_{NaCl} = n_{NaCl} \cdot M_{NaCl}$$

$$m_{NaCl} = 29,225 \text{ g NaCl}$$

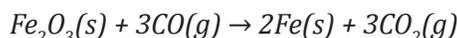
$$M_{NaCl} = 23 + 35,45$$

En un matraz Erlenmeyer verter 1 l de agua destilada y añadir 29,225 g NaCl, remover con una varilla de vidrio. Esta es la disolución buscada.

### Resolución de problemas reales de estequiometría.

En nuestro paso anterior comprendimos que es necesario medir las cantidades de sustancias, manejamos conceptos de mol, partículas, número de Avogadro o concentración molar. Esto nos permite ya aplicarlo a un problema real:

A.22) En un alto horno, el mineral,  $Fe_2O_3$ , se convierte en Fe mediante la reacción:



A la vista de esta reacción, extrae toda la información posible.

En la figura 9 se muestra la reacción microscópicamente:

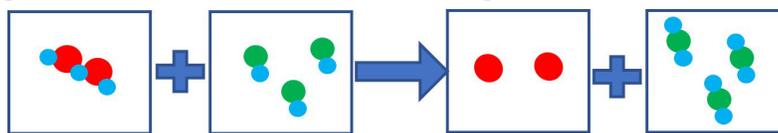


FIGURA 9. Reacción de  $Fe_2O_3$  y  $CO$ .

1 molécula de  $Fe_2O_3$  reacciona con 3 de  $CO$  dando como resultado, 2 de hierro y 3 de  $CO_2$ .

A.23) Expresa la afirmación anterior utilizando el concepto de moles. ¿La afirmación sería la misma para la masa? ¿Qué habría que cambiar?

No, para poder expresar una reacción a partir de las masas, habría que pasar la masa a moles y así poder realizar la afirmación de manera adecuada.

A.24) ¿Cuántos moles de Fe se obtendrán a partir de 5 moles de  $Fe_2O_3$ ?

1 mol de  $Fe_2O_3$  da 2 moles de Fe. Por lo tanto, 5 moles de  $Fe_2O_3$  darán como producto el doble que serían 10 moles de Fe.

A.25) ¿Cuántos gramos de hierro has obtenido en el ejercicio anterior?

$$m_{Fe} = n_{Fe} \cdot M_{Fe}$$

$$m_{Fe} = 10 \cdot 55,84$$

$$M_{Fe} = 55,84 \text{ u}$$

$$m_{Fe} = 558,4 \text{ g Fe}$$

A.26) ¿Cuántos gramos de  $Fe_2O_3$  tenías?

Los 5 moles los pasamos a gramos.

Se obtuvieron 558,4 g de Fe a partir de 798,4 g de  $Fe_2O_3$ , demostrando que no es correcto asociar los coeficientes estequiométricos con la masa.

Como puedes observar, la ley de conservación de la masa se cumple, pero hay que tener cuidado, saber diferenciar bien los conceptos de partículas, moles y masa.

A.27) ¿Coinciden los resultados con nuestro modelo?

Sí, todos los resultados obtenidos se ajustan a nuestra teoría de colisiones, la damos por buena.

### **Limitación de los conceptos aprendidos**

Cabe destacar que esta secuencia representa un tema del bloque de cambios químicos, pero no todos los temas, los siguientes temas serían para trabajar conceptos como la velocidad de reacción y energía, así como los diferentes tipos de reacción que podemos encontrar.

### **Recapitulación**

Al comenzar nuestro tema teníamos claro que nuestro objetivo era conseguir un modelo que explicará cómo ocurren las reacciones y a lo largo del tema comprobar que las predicciones realizadas por este modelo se ajustan a la realidad. Así, comprobamos que la conservación de la masa, y los problemas estequiométricos, se ajustan totalmente a nuestro modelo.

### ***Propuesta didáctica. Evaluación***

Las innovaciones curriculares acaban siendo estériles si no van acompañadas a su vez de innovaciones similares en la evaluación (Looney, 2009; Stéphan et al, 2019). La evaluación servirá para conocer el grado de implicación del alumnado y si realmente se está comprendiendo el tema. Se pedirá al alumnado que al comienzo de la sesión realice recapitulaciones a modo de repaso, se plantearán algunas de las actividades para realizarlas de manera individual y entregarlas al profesor. La calificación será la puntuación que el alumno consiga durante el trimestre. Será realizada a partir de tres notas. Una es la nota obtenida en el examen (30%). La segunda es la nota obtenida por la participación en clase (35%). Y la tercera es la nota obtenida en la libreta de clase (35%), que deberán presentar el día del examen y en ella deberá aparecer toda la secuencia de actividades planteadas en el tema (Pérez, 2005).

### **Conclusiones**

Una vez planteada la secuencia, y realizado todo el análisis, se puede comprobar que efectivamente se trata de muchas cuestiones, pero todas ellas simples, que buscan el razonamiento y apropiación del tema que está siendo aprendido. Se ha conseguido que el tema de reacciones sea desglosado en cuestiones más breves (Tobón et al., 2010). Si bien por problemas de seguridad sanitaria no ha podido ser una secuencia llevada a prueba, esta cumple con los requisitos mínimos de aprendizaje (Educativa, s. f.; Ministerio de Educación, 2015) y, por otra parte, ya se cuenta con pruebas de la efectividad de esta metodología (Osuna et al., 2007; Verdú, 2004). La secuencia presentada no es definitiva, la enseñanza es un proceso de aprendizaje, y por lo tanto se podría ir adaptando a las necesidades del alumnado de cada curso. Esta es una propuesta con una metodología

determinada (enseñanza problematizada) de un tema de un curso en particular. Pero el cambio debe producirse a nivel de departamento. Es necesaria la implicación del profesorado en esta metodología, ya que requiere cierto esfuerzo por parte del profesor que, de la forma tradicional, es mucho más mecánico. Es importante que una evolución en la didáctica vaya de la mano con la formación del profesorado (Arribas, 2012). El principal obstáculo que existe con esta metodología es la predisposición que presenta el profesorado a su aplicación. Por parte de este, existe una buena acogida, pero no es seguro que luego se aplique en la práctica (Osuna, 2007). Por otra parte, en los institutos normalmente se imparte el currículo a contrarreloj y hay que ser muy estricto con las sesiones para que dé tiempo a impartir unos contenidos mínimos exigibles. En cambio, con esta metodología, se requiere de un mayor tiempo, preciso para que el alumnado pueda reflexionar en las cuestiones planteadas.

## Bibliografía

- Arribas Estebaranz, J. M. (2012). El rendimiento académico en función del sistema de evaluación empleado. *RELIEVE: revista electrónica de investigación y evaluación educativa*, 18(1), 3.
- Caamaño, A. (2010). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 69, 21-34
- Cheng, M. (2018). Students' visualisation of chemical reactions-insights -into the particle model and the atomic model. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 227-239. <https://doi.org/10.1039/C6RP00235H>
- Furió, C. J., y Furió, C. (2018). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66442>
- Gallego, A., y Gallego, R. (2007). Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. *Ciência & Educação (Bauru)*, 13(1), 85-98. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000100006>
- Looney, J. (2009). Assessment and Innovation in Education. En *OECD Education Working Papers, No. 24*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/222814543073>
- Marbà, A., y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 0019-30. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3618>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). *Sistema estatal de indicadores de la educación*. <http://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:7bd02364-3fd2-405f-b0d6-4fe05debbd38/seie-2020.pdf>
- Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte. (2015). Real Decreto 1105/2014, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 3, 169-546.

- Muñoz, J. M., Hernández, M. J., y Serrate, S. (2019). The interest in scientific knowledge of secondary students in Spain. *Educacao e Sociedade*, 40, 1-19. <https://doi.org/10.1590/es0101-73302019187204>
- Navarro, D. (2020). Judeofilia en la cuentística medieval: anonimato del judío en El Conde Lucanor. *De Medio Aevo*, 9(1), 147-160. <http://dx.doi.org/10.5209/dmae.68092>
- Ortega, R. G. (2019). *Las reacciones químicas en 4 ° de ESO a través de los Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Universidad de Cádiz.
- Osuna, L., Martínez, J., Carrascosa, J., y Verdú, R. (2007). Planificando la enseñanza problematizada: el ejemplo de la óptica geométrica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(2), 277-294.
- Osuna, L. (2007). *Planificación, puesta en práctica y evaluación de la enseñanza problematizada sobre la luz y la visión en la educación secundaria obligatoria*. [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia. <http://hdl.handle.net/10550/15369>
- Pérez, M. G. (2005). La evaluación del aprendizaje. *Revista Docencia Universitaria*, 6(1), 1-19. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistadocencia/article/view/819>
- Stéphan, V. L., Joaquin, U., Soumyajit, K., & Gwénaél, J. (2019). Educational Research and Innovation Measuring Innovation in Education 2019. En *What Has Changed in the Classroom? What Has Changed in the Classroom?* OECD Publishing.
- Tobón, S. T., Pimienta, J. H., y García, J. A. (2010). *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. Pearson educación.
- Vargas Escamilla, E. F. (2004). Khemeia y alquimia – los orígenes de la química. *hipótesis: Apuntes Científicos Uniandinos*, 3, 34-41.
- Verdú, R. (2004). *La estructura problematizada de los temas y cursos de física y química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje* [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia. <https://core.ac.uk/download/pdf/16356588.pdf>