

# EL CONCEPTO DE REVERSIBILIDAD QUÍMICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

**PÉREZ GUZMÁN<sup>1</sup>, CUSTODIO (responsable); DE MANUEL TORRES<sup>1</sup>, ESTEBAN  
y FERNÁNDEZ DE HARO<sup>2</sup>, EDUARDO**

<sup>1</sup> Dpto. Didáctica de las Ciencias Exp. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.

<sup>2</sup> Dpto. Psicología Evolutiva y de la Educ. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.

**Palabras clave:** Oxidación; Reducción; Reversibilidad; Reacción Química; Taxonomías.

## INTRODUCCIÓN

La Reacción Química es un concepto, que a pesar de que se aborde en los niveles de la Educación Secundaria Obligatoria de forma explícita, resulta difícil para los alumnos que, aun obteniendo brillantes calificaciones, siguen manteniendo los mismos errores conceptuales que se daban antes de iniciar su estudio.

En la presente comunicación vamos a mostrar una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la reacción química, y más concretamente de su carácter reversible.

El contenido de esta comunicación forma parte de un trabajo mucho más amplio realizado por nosotros y con unos resultados muy satisfactorios (Pérez, 2004), tanto en lo que se refiere a una mejora en los conocimientos de los contenidos planteados, como en las actitudes mostradas por los alumnos hacia el campo de la ciencia en general. Dicha propuesta ha sido planteada con buenos resultados tanto en los alumnos del último curso de Educación Primaria, como en aquellos que cursan los primeros años de Educación Secundaria Obligatoria, obteniendo en ambos casos resultados satisfactorios muy parecidos.

Pretendemos mostrar la posibilidad de que se dé en los alumnos un cambio conceptual, asumiendo que en la transformación química se produce un cambio de sustancias, y que estos procesos químicos son reversibles.

Hemos propuesto un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la adecuación de los contenidos a la edad madurativa de los alumnos mediante una selección y secuenciación de los contenidos, donde el aprendizaje se lleva a cabo mediante distintos niveles de aproximación; promoviendo una serie de actividades prácticas como instrumento de aprendizaje, basadas en las ideas previas de los alumnos, y con actividades familiares a los mismos.

El concepto de reversibilidad química tropieza con uno de los errores conceptuales más habituales, al pensar los alumnos que las reacciones (nosotros elegimos la oxidación de los metales) son un proceso irreversible, ya que “una vez formado el óxido de un metal no se puede volver a conseguir de nuevo el metal original”.

Para el aprendizaje de este concepto, se ha propuesto una experiencia en la que hemos calentado óxido de mercurio y oxígeno. Además de ser muy vistosa, la experiencia sirve para reflexionar sobre el hecho de que no es necesario que haya dos reactivos para que se lleve a cabo una reacción química, algo que se tiende a pensar con cierta asiduidad. Hemos de indicar que se obtendría una mayor evidencia de la reversibilidad de la reacción química si hubiésemos obtenido primero el óxido para después descomponerlo. La reacción de oxidación la hemos realizado con hierro, pero la reducción del hierro no es tan sencilla (sería necesario el carbón para poder obtener el metal inicial). En todo caso el alumno puede comprender que estamos ante procesos que se pueden producir en los dos sentidos.

## ESTUDIOS PREVIOS

Para la gran mayoría de los alumnos no existe una clara diferencia entre los procesos físicos y las reacciones químicas, de hecho, algunos estudios (Bullejos y Furió, 1989) muestran cómo alumnos de bachillerato no tienen clara la diferenciación entre dichos conceptos.

En cuanto al concepto de reacción química es considerado por los alumnos, sobre todo los que se encuentran en cursos medios, como algo que ocurre *artificialmente*, y que sólo se da entre algunas sustancias que ellos denominan *productos químicos* (Bullejos y Furió, 1989), para lo que es necesario que se mezclen dos sustancias diferentes, y que por supuesto, son procesos totalmente irreversibles, en cuanto que una vez formados los productos resultantes, no se puede volver a obtener los productos iniciales.

Estas ideas previas son muy difíciles de modificar, siendo Viennot, en su tesis “*Le raisonnement spontanné en dynamique élémentaire*” (1976) una de los autores pioneros en su estudio, la cual, observó que a pesar de recibir una enseñanza de manera reiterada, los alumnos de secundaria no llegaban a comprender los contenidos básicos. A partir de entonces, las concepciones alternativas se convierten en línea importante de investigación (De Manuel, 2004), siendo el tema de la transformación química uno de los contenidos más abordados. La gran mayoría de las investigaciones publicadas llegan a la conclusión de que son muy difíciles de cambiar las ideas previas, y que a pesar de que reciban una enseñanza adecuada, al cabo de poco tiempo vuelven a aflorar dichas concepciones alternativas.

## MÉTODO EMPLEADO

Este trabajo se ha llevado a cabo bajo un método científico y un diseño cuasiexperimental. La población que constituye la investigación está formada por alumnos que cursan los primeros cursos de Educación Secundaria Obligatoria. La muestra la componen alumnos pertenecientes a distintos Centros Educativos de la provincia de Granada.

El Grupo Control lo formaron un total de 271 alumnos, en el que participaron 3 profesores; y el Grupo Experimental 228 alumnos, en el que participaron 7 profesores.

Se han tenido en cuenta tres tipos de variables:

- Variable Interviniente: el nivel de inteligencia de los sujetos, para cuyo conocimiento se midieron cinco factores: Comprensión Verbal, Capacidad Espacial, Cálculo Numérico, Razonamiento Abstracto, y Fluidez Verbal. El instrumento de medida utilizado ha sido el test PMA de Thurstone (1982).
- Variables Dependientes: (a) los conocimientos que los alumnos poseen sobre la oxidación y la reducción; para su estudio se ha utilizado un instrumento de medida elaborado para la ocasión, que consta de diez ítems con cinco alternativas cada uno; y (b) predisposición que los alumnos presentan para el aprendizaje, que se ha estudiado utilizando como instrumento de medida el test elaborado por Espinosa y Román (1998), y que consta de dos partes; Diferencial Semántico y Tipo Lickert.
- Variable Independiente: propuesta didáctica de aprendizaje de la oxidación y reducción en Educación Secundaria. Se ha elaborado un cuaderno para el profesor y otro de actividades para el alumno, para lo

que se han tenido en cuenta especialmente los objetivos, los contenidos, el nivel de exigencia cognitiva requerido por los mismos, y las concepciones alternativas que tienen los alumnos sobre los contenidos.

En cuanto al procedimiento, al grupo Experimental se le han aplicado las propuestas didácticas, los trabajos prácticos y las técnicas de resolución de problemas que nosotros hemos planteado. El trabajo se desarrolla por bloques, de manera que el profesor en cada bloque establece cuatro pasos diferenciados:

- a. Primer paso: Diálogo con los alumnos sobre el contenido teórico que viene expresado al principio de su cuaderno y que constituye la parte teórica de dicho bloque. Se acaba planteando a los estudiantes una serie de preguntas como motivación para abordar el paso siguiente.
- b. Segundo Paso: Lectura por parte de cada alumno de la actividad propuesta en el bloque y discusión con sus compañeros, pasando posteriormente a realizar la experiencia propuesta.
- c. Tercer Paso: Cada alumno, acabada la experiencia, pasa a cumplimentar las preguntas expresadas en su cuaderno y, posteriormente, tras la puesta en común con sus compañeros, lee las conclusiones y reflexiones que vienen en su cuaderno, comparándolas con las respuestas que él ha aportado.
- d. Cuarto Paso: Diálogo final con el grupo de alumnos, favoreciendo una puesta en común de lo que cada alumno ha experimentado o descubierto, y recopilando o resaltando las principales conclusiones del bloque de contenidos que constituye las aportaciones más novedosas del aprendizaje realizado.

## **ACTIVIDAD PROPUESTA A LOS ALUMNOS**

Tras una pequeña introducción en la que se repasa el concepto de Reacción Química, visto con anterioridad en otras actividades como la reacción entre el hierro y el oxígeno para formar óxido de hierro, se le plantea la siguiente actividad:

### **Obtención de un metal y del oxígeno, a partir del óxido de un metal.**

Anteriormente se ha observado cómo se obtenía el óxido de un metal a partir del metal y del oxígeno, de tal manera, que la sustancia resultante es totalmente diferente a las originales, es lo que llamamos reacción química.

En esta actividad vamos a demostrar que se puede producir el proceso opuesto, esto es, la descomposición del óxido en oxígeno y metal, lo que es también una reacción química. Para ello vamos a necesitar óxido de mercurio, un mechero o lámpara de gas, y un pequeño recipiente.

Primero vamos a verter un poco de óxido de mercurio en el recipiente y lo vamos a pesar con la balanza, a continuación lo vamos a calentar suavemente. En esta experiencia vamos a observar con gran detenimiento el cambio que va sufriendo el óxido de mercurio conforme se va calentando.

- ¿Cuánto pesa antes de calentarlo? \_\_\_\_\_ ¿Y después? \_\_\_\_\_
- ¿Qué le está sucediendo al óxido de mercurio? \_\_\_\_\_
- ¿Se estará desprendiendo algún tipo de gas? \_\_\_\_\_ ¿Cuál crees que es? \_\_\_\_\_
- Si estamos viendo una descomposición de una sustancia, y esta sustancia es óxido de mercurio, ¿en qué sustancias se estará descomponiendo? \_\_\_\_\_

*Comentario:* Cuando calentamos el óxido de mercurio y observamos detenidamente, lo que estamos apreciando son dos cosas principalmente:

- a. El desprendimiento de un gas, que no es otro que el oxígeno que en un principio se unió al metal para formar el óxido.
- b. El cambio de aspecto (y de composición) del óxido de mercurio en su paso a mercurio.

Por tanto, en esta experiencia se puede observar claramente cómo de una sustancia es posible obtener las dos sustancias que la originaron en un principio; este proceso es también una reacción química, y estamos demostrando por tanto la reversibilidad de las reacciones de oxidación.

Como conclusión, destacamos que los procesos de oxidación no son reacciones irreversibles, sino que podemos obtener los productos iniciales que originaron la aparición de otra sustancia nueva.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Primero se ha realizado un estudio comparativo de las medias de los grupos en las distintas variables intervinientes, constatando con ello que no existen diferencias significativas entre el Grupo Control y el Grupo Experimental, y por tanto, pudimos considerar de este modo que ambas muestras pertenecen a una misma población.

A continuación se llevó a cabo un análisis descriptivo de cada una de las Variables Dependientes para toda la muestra, para ver cómo variaban los resultados entre el pretest y el postest.

La prueba en su conjunto arroja unos resultados muy satisfactorios a favor de los alumnos que forman parte del grupo experimental, como se aprecia en la siguiente tabla, referida a las puntuaciones medias del número de aciertos totales en la variable *Contenidos*.

VARIABLE	T	PUNTUACIÓN MEDIA			ANOVA	
		CONTROL	EXPER.	MUESTRA	F	SIGN.
Puntuación Total	Pre	2,13	2,27	2,20	1,053	0,305
	Pos	2,72	4,21	3,40	76,897	0,000

Estas puntuaciones nos muestran cómo no hay diferencias significativas en el pretest entre el Grupo Control y Grupo Experimental; no obstante, dichas diferencias sí aparecen en el postest a favor del Grupo Experimental.

Por tanto, se aprecia una mejora significativa en las puntuaciones obtenidas por parte del Grupo Experimental (pasa de 2,27 a 4,21), frente a un ligero aumento de las puntuaciones en el Grupo Control (pasa de 2,13 a 2,72), lo que nos advierte que se ha producido una mejora considerable en aquellos alumnos que se les ha aplicado nuestra propuesta de aprendizaje.

En cuanto a la variable de contenidos relacionada con la reversibilidad, igualmente se aprecia una mejora significativa por parte de los alumnos del grupo experimental, como se puede apreciar en el siguiente análisis descriptivo:

VARIABLE	GRUPO	PRE/POST	N	%
Imposible Recuperar el metal	Control	Pretest	73	26,9
		Postest	72	26,6
	Experimental	Pretest	77	33,8
		Postest	59	25,9
Posible Recuperar el metal	Control	Pretest	63	23,2
		Postest	65	24,0
	Experimental	Pretest	50	21,9
		Postest	104	45,6
Depende del metal	Control	Pretest	60	22,1
		Postest	56	20,7
	Experimental	Pretest	46	20,2
		Postest	23	10,1
El óxido es el mismo metal con otras propiedades	Control	Pretest	59	21,8
		Postest	72	26,6
	Experimental	Pretest	43	18,9
		Postest	39	17,1

Según este estudio, se observa que el porcentaje de alumnos que afirman, de forma acertada, la posibilidad de recuperar el metal, y por tanto, están de acuerdo con la idea de la reversibilidad de las reacciones químicas, en el grupo control permanece casi invariable entre el pretest (63; 23,2 %) y el postest (65; 24,0 %); por el contrario, se aprecia un fuerte crecimiento en el grupo experimental, pasando de 50 (21,9 %) a 104 (45,6 %) en el pretest y en el postest respectivamente; lo que indica que la mejora ha sido muy significativa en el grupo experimental frente al grupo control.

En cuanto a aquellos que opinan que es imposible recuperar el metal inicial, y por tanto que no admiten la reversibilidad de las reacciones químicas, en el grupo control se mantiene prácticamente invariable, ya que observan unas puntuaciones de 73 (26,9 %) y de 72 (26,6 %) en el pretest y postest respectivamente; sin embargo, en el grupo experimental se aprecia una disminución, ya que se pasa de 77 (33,8 %) en el pretest a 59 (25,9 %) en el postest.

Por otro lado, el número de alumnos que indican que la obtención del metal inicial dependerá de qué metal sea, en el grupo control desciende levemente, pasando de 60 (22,1 %) a 56 (20,7 %) en el pretest y en el postest respectivamente; de igual modo, aunque de forma más acusada, ocurre en el grupo experimental, donde se aprecia un cambio de 46 (20,2 %) en el pretest a 23 (10,1 %) en el postest.

## CONCLUSIONES OBTENIDAS

Después de un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos, podemos concluir que los alumnos que han formado parte del Grupo Experimental, y por tanto han seguido nuestro método didáctico para la enseñanza-aprendizaje, presentan un aprendizaje significativo del concepto de reversibilidad, y una mejora en el aprendizaje de los contenidos a nivel general, superior al de aquellos alumnos que han recibido una enseñanza tradicional.

Por tanto, también podemos concluir que, teniendo en cuenta las ideas previas, y la conexión de la ciencia del aula con lo cotidiano, y realizando una secuenciación adecuada de los contenidos, sobre todo de acuerdo con el nivel de exigencia cognitiva que la materia requiere de los alumnos, se puede conseguir un aprendizaje significativo de contenidos de química en los niveles iniciales de la enseñanza secundaria obligatoria.

## BIBLIOGRAFÍA

- BULLEJOS, J. y FURIÓ, C. (1989). La enseñanza de la Química como cambio conceptual y metodológico. Ejemplo de aplicación: el concepto daltoniano de reacción química. *Enseñanza de las Ciencias*. Extra, Tomo I, pp. 141-142.
- DE MANUEL TORRES, E. (2004). *Los objetos reales en el aula*. Granada: Arial Ediciones.
- ESPINOSA, J. y ROMAN, T. (1998). La medida de las actitudes usando las técnicas de Likert y de diferencial semántico. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 16 (3), pp. 477-484.
- PÉREZ GUZMÁN, C (2004). *Adecuación de contenidos de oxidación y reducción a al edad madurativa de los alumnos. Una propuesta para los niveles de once a catorce años*. (Tesis Doctoral publicada en CD-Rom). Granada: Editorial Universidad de Granada.
- THURSTONE, L. (1982). *Test de Inteligencia PMA*. Madrid: TEA Ediciones, S. A.