

UN ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS PERFILES CONCEPTUALES DEL ALUMNADO SOBRE LA REACCIÓN QUÍMICA

A study of evolution of student's knowledge about chemical reaction

Núria Solsona*, Mercè Izquierdo y Onno de Jong*****

**IES. Josep Pla. Barcelona. España. Email: nsolsona@pie.xtec.es*

***Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. Barcelona. España*

****Universidad de Utrecht. Department of Chemical Education. Utrecht. Holanda*

Abstract:

This article reports on the development of the students' conceptual profiles of chemical change. A study was carried out, involving a class from a Senior High School in Spain during two years. The students were requested in two consecutive occasions to write an essay about chemical change. The essays had been analysed according to text analysis techniques. Four conceptual profiles had been identified: the interactive profile, the meccano profile, the kitchen profile and the incoherent profile.

Key words: chemical change, conceptual profile, learning

Resumen:

El artículo hace un estudio del desarrollo de los perfiles conceptuales sobre el concepto de reacción química del alumnado. El estudio se realizó a pequeña escala, en una clase de Enseñanza Secundaria en España, durante dos años. Para ello se pidió al alumnado en dos ocasiones consecutivas que escribieran

una redacción sobre la reacción química. Las redacciones fueron analizadas siguiendo las técnicas de análisis de texto y se identificaron cuatro perfiles conceptuales: el perfil interactivo, el perfil mecano, el perfil cocina y el perfil incoherente.

Palabras clave: reacción química, perfil conceptual, aprendizaje

Introducción

El concepto de reacción química es central en el curriculum de química de la Enseñanza Secundaria. El nivel macroscópico se refiere a las sustancias, a sus propiedades y a los fenómenos. El nivel microscópico abarca los modelos corpusculares, átomos, moléculas, iones y electrones. Las reacciones químicas son los procesos en los que se forman nuevas sustancias a partir de otras sustancias iniciales diferentes, en los que hay una reordenación de partículas. El alumnado debería aprender a relacionar el nivel macroscópico con el microscópico, utilizando las representaciones icónicas y los diagramas.

En las dos últimas décadas, numerosas investigaciones realizadas en el campo de la didáctica de la química, se han centrado en las dificultades de aprendizaje del concepto de reacción química (Llorens, 1991, Hesse, 1992, Martín, 1994). Otros estudios de carácter más específico han analizado el aprendizaje de diversos conceptos químicos, como el de sustancia (Solomonidou, 1991), elemento y compuesto (De Voss y Verdonk, 1987) y la distinción entre reacción química y cambio físico (Brosnan, 1990).

Andersson (1990) propuso cinco categorías para describir el conocimiento del alumno sobre la reacción química. Las cinco categorías eran: Desaparición, Desplazamiento, Modificación, Transmutación e Interacción Química. Las investigaciones en didáctica de la química se han centrado fundamentalmente en el aprendizaje de los conceptos químicos, en cómo los estudiantes utilizan los diferentes conceptos químicos, en cómo se construyen las proposiciones y las reglas entre los conceptos (Thagard, 1990) para elaborar explicaciones de los fenómenos químicos. Cada investigación ha establecido distintas categorías para clasificar las ideas de los alumnos.

Nuestra investigación está centrada en el tema de cómo aprender a interpretar los fenómenos de cambio (desaparición de las sustancias iniciales y formación de nuevas sustancias) basándose en un tipo de

entidades que no cambian (átomos). En este artículo, presentaremos el desarrollo de los procesos de razonamiento del alumno de Enseñanza Secundaria; teniendo en cuenta que deberían aprender a relacionar las descripciones macroscópicas de la reacción química con las microscópicas. En nuestro estudio, se considera el proceso de aprendizaje desde una perspectiva constructivista. De acuerdo con esta perspectiva, para la adquisición del conocimiento (Driver, 1989) el aprendizaje es un proceso social dinámico que permite a los estudiantes construir significados de forma activa a partir de sus experiencias en conexión con sus conocimientos previos y su entorno social. La cognición es parte de la actividad, el contexto y la cultura en la cual se desarrolla y en la que va a ser utilizada.

Para analizar el desarrollo conceptual del alumno, Mortimer (1993) ha establecido una nueva perspectiva para el análisis de este desarrollo, basado en la noción de “perfil conceptual” el cual está compuesto por diferentes niveles de conocimiento. En nuestro estudio utilizamos el término perfil conceptual como un sinónimo de teoría escolar. En el proceso de aprendizaje, el alumnado construye un cuerpo de conocimientos formado por los fenómenos químicos y su interpretación. Sin embargo, a lo largo del proceso el perfil conceptual del alumnado evolucionará. Los niveles consecutivos del perfil conceptual reflejan la habilidad del alumnado para dar coherencia y significado a la diversidad de hechos que encuentra a su alrededor, tanto en la clase de química como fuera de la misma. Estos perfiles conceptuales serán más operativos y correctos, a medida que el alumnado sea más competente en la interpretación de fenómenos, identificando las propiedades de los reactivos y de los productos y manejando los dos niveles de explicación, el macroscópico y el microscópico.

El presente estudio se centra en el desarrollo conceptual del alumno respecto al concepto de reacción química. Los implicados en la investigación correspondían a los dos últimos cursos de la Enseñanza Secundaria Postobligatoria (Solsona, 1997; Izquierdo y Solsona, 1999). Su desarrollo cognitivo será descrito en función de los diferentes tipos de perfiles conceptuales. La pregunta de nuestra investigación puede formularse en los siguientes términos: ¿Cuál es el desarrollo del perfil conceptual sobre la reacción química que podemos identificar en el alumno de Enseñanza Secundaria?

Metodología aplicada en la investigación

Nuestro estudio forma parte de un proyecto de investigación sobre el desarrollo conceptual del alumno respecto a la noción de reacción química (Solsona, 1997). En España, la Enseñanza Secundaria Postobligatoria incluye dos cursos de química para estudiantes del Bachillerato de Ciencias que previamente ha cursado en la Enseñanza Secundaria Obligatoria un curso de química, a tiempo parcial, durante un trimestre escolar. El tema de la reacción química se introduce de manera formal, por primera vez, a los 16 años.

En la Enseñanza Secundaria, en España no es muy habitual prestar atención al trabajo experimental y los libros de texto utilizados por el alumno, en nuestro estudio no proponen la realización de trabajos de laboratorio. No obstante, el profesor de química que colaboró en nuestro proyecto de investigación dio mucha importancia al trabajo experimental en la clase, organizando experimentos para el estudiante y demostraciones experimentales (Solsona y Izquierdo, 1998).

Los datos de nuestra investigación fueron obtenidos a partir de las redacciones abiertas de los estudiantes. Las redacciones fueron escritas por el mismo estudiante en dos ocasiones consecutivas, al principio del penúltimo curso de la Enseñanza Secundaria Postobligatoria, y un año después. Escogimos el principio de los dos últimos cursos de la Enseñanza Secundaria, después del período vacacional, porque nos interesaba investigar qué conocimiento sobre reacción química recordaba el estudiante, antes de iniciar el nuevo curso escolar.

La investigación se diseñó como un estudio naturalista a pequeña escala con la toma de medidas de forma reiterativa y el análisis cualitativo de los datos obtenidos en la investigación. Participó un grupo de 51 alumnos que tenían 17 años al inicio del estudio y 18 al finalizar el mismo. Había 22 chicas y 29 chicos de clases de igual nivel en el mismo Instituto de Enseñanza Secundaria. Este grupo de alumnos realizó la redacción escrita, en las dos ocasiones.

La primera obtención de datos se hizo al principio del penúltimo año de Enseñanza Secundaria. En este momento, la reacción química había sido estudiada un año antes, utilizando un libro de texto habitual. El período de tiempo dedicado a la enseñanza de la química fue de dos meses, de Mayo a Junio. Se estudió la reacción química como un proceso de formación de nuevas sustancias así como un proceso de

reordenación atómica.. También se estudiaron otros temas de química, como conceptos de sustancia pura, sustancia simple y compuesta, elemento químico y la conservación de la masa y del elemento durante la reacción química.

El trabajo de laboratorio consistió en la realización de separaciones de mezclas, la reacción entre el azufre y el hierro, la electrólisis del agua, la síntesis del agua y el ciclo del cobre. Los experimentos se llevaron a cabo durante el horario escolar y la estrategia seguida para organizar las actividades de enseñanza y aprendizaje fue el Ciclo de Aprendizaje (Cosgrove y Osborne, 1991). El ciclo de aprendizaje propone ordenar las actividades de aula según tres fases: exploración de las ideas del alumno, introducción de nuevos conceptos y aplicación de estos conceptos.

Se pidió a todos los alumnos que hicieran una redacción sobre reacción química. Más específicamente que escribieran todo lo que recordaran sobre reacción química, con mención explícita de los conceptos necesarios, de su explicación microscópica y de los mejores ejemplos de reacción química (Solsona e Izquierdo, 1998). Las redacciones fueron escritas en clase. No necesitaron más de media hora. Cada estudiante escribió aproximadamente una página. En este artículo, las llamamos “redacciones I”.

La segunda obtención de datos se hizo un año después, al principio del último año de Enseñanza Secundaria. Mientras tanto en clase, se habían estudiado otros temas de química, como la estructura atómica, el sistema periódico, los enlaces químicos y la estequiometría, utilizando otro libro de texto de uso habitual. El tiempo dedicado a la enseñanza de la química durante aquel curso escolar fue de cinco meses, de Febrero a Junio. Las clases fueron impartidas por el mismo profesor quien continuó la estrategia didáctica y organizó el trabajo experimental en torno a los nuevos temas. Se repitió el experimento del ciclo del cobre con la intención de reforzar el aprendizaje de la conservación del elemento durante la reacción química. La segunda vez se pidió al alumnado que escribiera individualmente una redacción sobre la reacción química. No utilizaron más de media hora, pero cada estudiante escribió un par de páginas aproximadamente. En este artículo, se identifican estas redacciones como “redacciones II”.

Para el análisis de los datos, en primer lugar, se intentó utilizar instrumentos como las tablas de doble

entrada o los sistemas de categorización usados en otros estudios cualitativos, incluso en el análisis de redacciones (Brosnan, 1990; Andersson, 1990), pero en nuestro caso estos instrumentos no resultaban útiles para analizar la idea principal de cada redacción de manera significativa (Solsona, 1995). Por ello, se analizaron las redacciones utilizando un conjunto de categorías basadas en el método del análisis del discurso (Van Dijk, 1978). Esta aproximación permite considerar un texto escrito como una unidad de significado y de intención, el cual puede ser entendido como un discurso entre la persona que escribe (en nuestro caso: el o la estudiante) y la persona que lee (en nuestro caso: el o la profesor (a)).

Se analizó la microestructura semántica del texto. El término “microestructura semántica” se refiere a la estructura de las proposiciones y de las ideas y las relaciones que tienen entre sí (Van Dijk, 1978). Para estudiar esta estructura de manera más específica, se desarrollaron mapas que reflejaran la estructura de los textos, siguiendo la propuesta de Thagard (1990). Un mapa de Thagard se puede considerar como un mapa conceptual pero recoge más información que aquel. Incluye no sólo los conceptos y las relaciones entre conceptos, sino que muestra el tipo de relaciones clasificadas en: propiedad, clase, regla, parte y ejemplo. La figura 1 recoge un ejemplo del mapa de Thagard que refleja la macroestructura de la redacción escrita por un alumno.

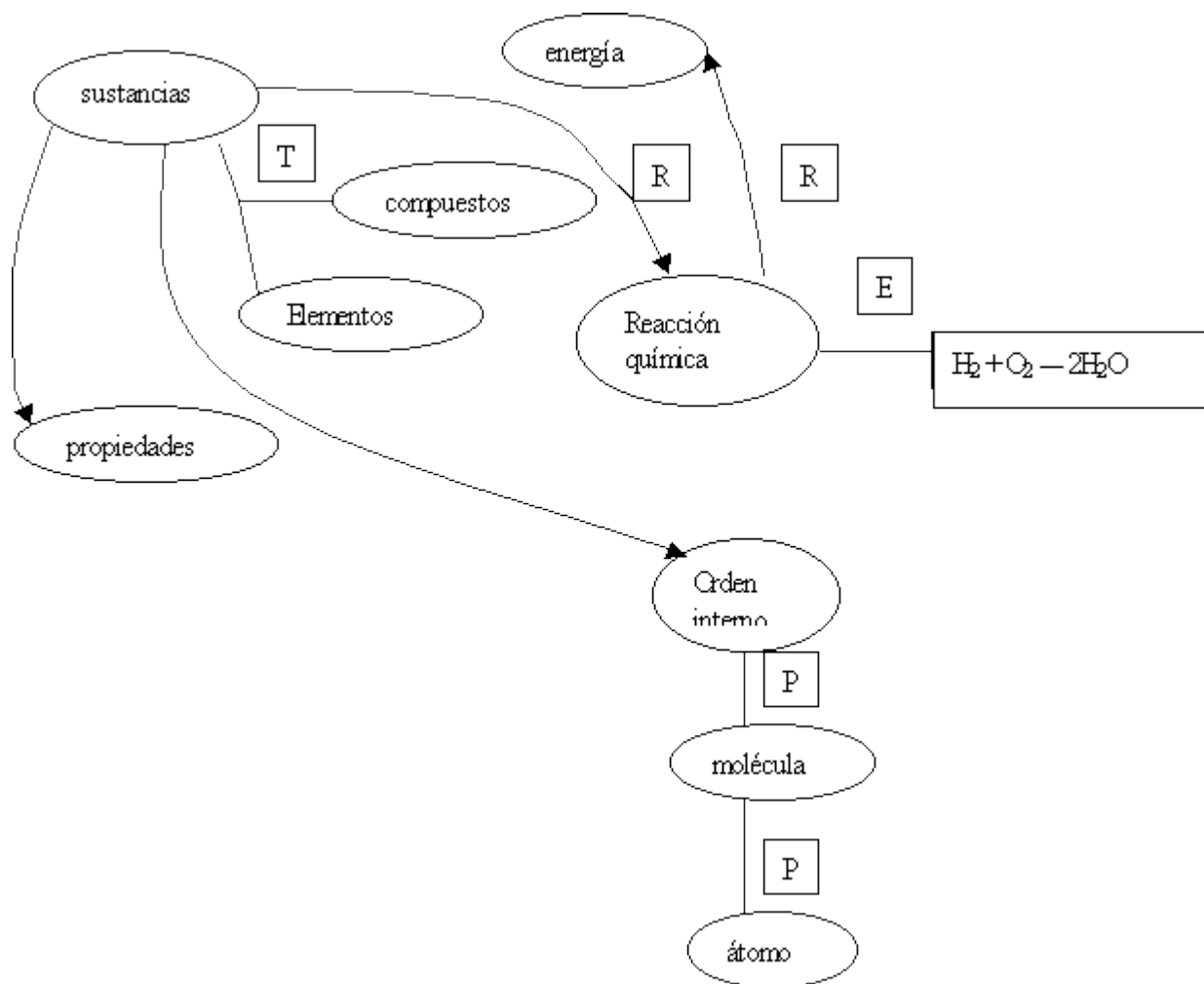


Figura 1 Mapa de Thagard

Los mapas de Thagard de la microestructura semántica del texto se han utilizado para desarrollar categorías de contenido para comparar las “redacciones I” con las “redacciones II”. Después de un proceso iterativo para desarrollar las categorías, se establecieron las siguientes cinco categorías: el tipo de cambio que se produce durante la reacción química, la conservación en la reacción química, el nivel de explicación de la reacción química, los ejemplos de reacción química y la coherencia global del texto. Estas categorías permiten realizar el análisis comparativo de las redacciones, con mayor precisión, con el objetivo de determinar los elementos claves que las caracterizan y detectar las reglas establecidas entre los conceptos por parte del alumno. Cada categoría está subdividida en subcategorías.

En la categoría del tipo de cambio que se produce durante la reacción química, se diferencian las siguientes subcategorías: cambio de las *sustancias*, donde se forman nuevas sustancias con propiedades

diferentes; *cambio físico*; cambio de *propiedades*, donde no queda claro si se forma una nueva sustancia; cambio de *estructura* cuando el cambio es sólo microscópico; y finalmente *no* se habla de cambio. Las subcategorías del tipo de cambio que hay en la reacción química se encuentran recogidas en la Tabla I:

Categoría	Subcategoría
Tipo de cambio	Sustancias
	Cambio físico
	Propiedades
	Estructura
	No

En la categoría de la conservación durante la reacción química, se diferencian las siguientes subcategorías: conservación cuando el alumno habla de la *conservación de la masa o del elemento* o *no* habla de conservación. En la categoría del nivel de explicación de la reacción química, se diferencian las siguientes subcategorías: *macroscópica*, *microscópica*, *relación macro/micro* y finalmente *no* se habla de la relación. En la categoría de los ejemplos de reacción química, se diferencian las siguientes subcategorías: ejemplos “*empíricos*”, ejemplos “*teóricos*” y *no* citan ejemplos. Ejemplos “empíricos” son aquellos ejemplos referidos a cambios realizados en el laboratorio o habituales en la vida cotidiana, como quemar papel. Ejemplos “teóricos” son aquellos citados de libros, en los que no se activa el referente empírico, se representan por una ecuación química o por un dibujo del modelo de bolas. La categoría coherencia global del texto se subdivide en las siguientes subcategorías. La coherencia de una redacción es *fuerte* globalmente cuando todos los conceptos que se citan están relacionados y conectados entre sí. La coherencia de la redacción es *débil* cuando algunos conceptos están relacionados entre sí y otros no. Una redacción *no* es coherente globalmente cuando el texto es un conjunto de ideas desconectadas.

Al final del análisis, se estableció una categoría global “concepto de reacción química” que incluye las siguientes subcategorías. Se puede afirmar que el alumno *sí* ha adquirido el concepto de reacción química

cuando lo explica como cambio de sustancias e interrelaciona correctamente el nivel macroscópico y microscópico. Se puede afirmar que es *dudoso* que el estudiante haya adquirido el concepto de reacción química cuando explica los cambios como cambios de estructura o cambios físicos sin establecer la correcta interrelación entre el nivel macroscópico y el microscópico, además de no ser capaz de escribir un texto coherente en el ámbito global. Se dice que el alumno *no* ha adquirido el concepto de reacción química cuando no explica los cambios de ninguna manera. Las subcategorías del concepto de reacción química se encuentran agrupadas en la tabla II:

Concepto de Reacción química	Sí
	Dudoso
	No

Para aumentar la fiabilidad de los resultados del análisis, la primera autora repitió el análisis y no halló diferencias significativas. Para aumentar también la validez de los resultados, la segunda autora llevó a cabo también el análisis. Una vez más no se han encontrado diferencias significativas.

Resultados y discusión

Los principales resultados obtenidos en el análisis de las redacciones se encuentran en la Tabla II:

Categoría	Subcategoría	redacción		Porcentaje de redacciones	
		I	II	I	II
Tipo de cambio	Sustancias	22	5	43	10
	Cambio físico	5	8	10	16
	Propiedades	10	5	20	10
	Estructura	11	17	21	33
	No	3	16	6	31

Conservación	Masa o elemento	10	8	20	16
	no	41	43	80	84
Nivel de explicación	Macroscópico	29	11	57	22
	Microscópico	13	20	26	39
	Macro/micro	6	4	11	8
	no	3	16	6	31
Ejemplos	Empíricos	38	21	74	41
	Teóricos	5	14	10	28
	No	8	16	16	31
Coherencia global del texto	Fuerte	50	25	98	49
	Débil	1	5	2	10
	no	0	20	0	39
Concepto de Reacción química	Sí	6	4	11	8
	Dudoso	42	34	83	66
	No	3	17	6	33

Las subcategorías presentes en la tabla 1 desarrollan los perfiles conceptuales de la reacción química. En el proceso seguido para identificar estos perfiles, la categoría "conservación durante la reacción química" ha sido desestimada dado el bajo número de respuestas que agrupaba: alrededor del 80% de las redacciones no contienen explicaciones relativas a la conservación de la masa o del elemento. Cada uno de los **perfiles conceptuales** ha sido identificado con un nombre: **interactivo, meccano, cocina e incoherente**.

Los perfiles indican qué subcategorías son comunes a diferentes redacciones. Los perfiles permiten describir el estado conceptual, es decir los diferentes tipos de relaciones entre conceptos que establece el

alumno, en un determinado momento del aprendizaje. El establecimiento de relaciones entre las diferentes subcategorías ha sugerido la formación de grupos de redacciones, en función de cada uno de los perfiles conceptuales.

Las redacciones agrupadas en el perfil interactivo tienen las siguientes características. La reacción química se interpreta en términos de cambio de sustancias, es decir de formación de nuevas sustancias que sustituyen claramente las sustancias iniciales. Hay una relación coherente y equilibrada entre el nivel de explicación macroscópico y microscópico. Los ejemplos que se citan son teóricos y el texto es coherente en el ámbito global. Nuestra conclusión es que el estudiante ha interiorizado el modelo científicamente aceptado de reacción química.

Las redacciones agrupadas en el perfil meccano tienen las siguientes características. El discurso se construye fundamentalmente en torno a la explicación microscópica del cambio, sin dar importancia a los fenómenos. Se habla del cambio a nivel de estructura interna, los ejemplos son teóricos. La coherencia global del texto es débil. Parece dudoso que en este modelo, se haya adquirido el concepto científicamente aceptado de reacción química

Las redacciones agrupadas en el perfil cocina tienen las siguientes características. El discurso se construye fundamentalmente en torno a los fenómenos. La reacción química se describe como un cambio físico o un cambio de propiedades. Los ejemplos de cambio que se citan son empíricos y el texto es débilmente coherente en el ámbito global. El nivel de explicación es fundamentalmente macroscópico. La conclusión es que en este modelo es dudoso que el alumno haya adquirido el modelo científicamente aceptado de reacción química.

Las redacciones agrupadas en el perfil incoherente tienen las siguientes características. No se explica la reacción química y los ejemplos que se citan del mismo no están razonados. No se utiliza claramente ninguna terminología, ni macroscópica, ni microscópica para describirlo. El texto no tiene coherencia global, es decir, el discurso se construye sin una progresión temática ordenada, en forma de islas de conocimiento, sin relación entre ellas. Se trata, en la mayoría de los casos de un listado de lecciones de cosas y de definiciones.

Todas las redacciones han sido agrupadas en cuatro perfiles conceptuales mencionados. Los resultados están recogidos en la tabla 2.

Perfiles del concepto de reacción química	Número de redacciones I	Porcentaje de redacciones I	Número de redacciones II	Porcentaje de redacciones II
Interactivo	4 (1 chica, 3 chicos)	8 %	4 (1 chica, 3 chicos)	8 %
Meccano	13 (4 chicas, 9 chicos)	25 %	17 (8 chicas, 9 chicos)	33 %
Cocina	27 (13 chicas, 14 chicos)	53 %	13 (4 chicas, 9 chicos)	25 %
Incoherente	7 (5 chicas, 2 chicos)	14 %	17 (10 chicas, 7 chicos)	33 %

Conclusiones e implicaciones de la investigación

En el contexto del presente estudio, las redacciones escritas por los alumnos han sido analizadas para explorar las vías de conexión que se establecen entre el mundo de los fenómenos químicos y el mundo de las explicaciones de estos fenómenos según el modelo de partículas.

El análisis de las redacciones I muestra que un grupo mayoritario de los alumnos (53%) razona según el perfil cocina, es decir que el primer año de la investigación, el alumno presta mayor atención a los fenómenos químicos. Otro grupo relativamente importante (25%) razona de acuerdo con el perfil meccano. Para este segundo grupo, las ideas elaboradas sobre la reacción química no consideran los hechos químicos estudiados en clase y experimentados en el laboratorio, sino que prestan más atención al nivel microscópico de explicación, de modo que hacen referencia a átomos, electrones, enlaces, etc.

A partir del análisis de las redacciones II, una mayoría del alumnos está distribuido, casi en porcentajes parecidos entre el perfil meccano (33%), el perfil cocina (25%) y el incoherente (33%). Sólo un 8% de los alumnos razona según el perfil interactivo. Este resultado indica que una gran mayoría (92%) no entiende la reacción química y por lo tanto, no es capaz de dar una explicación relacionando el

significado macroscópico y microscópico de este concepto.

Otro punto de vista de este análisis permite comparar cada perfil en función de las redacciones I y las redacciones II. El perfil interactivo, ya se ha dicho que está estrechamente relacionado con la explicación científica de la reacción química. Los resultados obtenidos indican que el aumento de información a través de la enseñanza de la reacción química y de otros conceptos químicos, no asegura que el alumno adquiera una mayor comprensión de la reacción química ni una aproximación más científica.

La comparación de los grupos de redacciones indica que el porcentaje de alumnos en el perfil cocina disminuye (del 33% al 25%), y el porcentaje del perfil meccano aumenta (del 33% al 25%). Se puede afirmar que como consecuencia del mayor número de clases de química, hay un pequeño grupo de estudiantes que explica la reacción química sólo a nivel macroscópico, en cambio el grupo que razona a nivel microscópico es más numeroso. De manera sorprendente y en contra de las expectativas, los resultados obtenidos también indican que hay un aumento importante del número de redacciones que corresponden al perfil incoherente. Este resultado probablemente relacionado con la dificultad de almacenar correctamente el aumento de información química, habrá que investigarlo con más detenimiento.

Finalmente, se remarcen algunos aspectos de dos perfiles conceptuales de mucho interés: el perfil cocina y el meccano. El alumno agrupado en el perfil cocina, conecta mentalmente con los fenómenos químicos. A este grupo de estudiantes les resulta útil y significativo recordar los experimentos y el comportamiento de las sustancias utilizadas en el laboratorio para entender la reacción química. Sin embargo, al alumno del perfil meccano le resulta útil y significativo recordar el comportamiento de los átomos, los electrones y los enlaces para entender la reacción química.

En el ámbito metodológico, la investigación ha puesto en práctica una nueva forma de analizar las redacciones. No se analizó solamente el contenido literal de las redacciones, es decir no se recogió únicamente si los estudiantes se refieren o no a un concepto químico, como las partículas o las propiedades de las sustancias. Se intentó conectar el uso de algunos conceptos con otros. El alumno debe aprender a relacionar los conceptos macroscópicos y los microscópicos para dar una explicación de los

fenómenos químicos. Por este motivo, en el análisis de las redacciones, se incluye un componente semántico referido a la microestructura del texto (Thagard, 1990). Esto permite analizar la coherencia de las explicaciones de la reacción química elaboradas por los alumnos. Los cuatro perfiles conceptuales son un instrumento para medir cómo el alumno ha construido el concepto de cambio en la redacción, a partir de las indicaciones que da sobre la reacción química y las explicaciones que elabora de los fenómenos químicos.

Las implicaciones para la enseñanza derivadas de nuestra investigación se resumen en dos ideas importantes. La primera se refiere a que las explicaciones del alumnado no son todas incorrectas, sino que la mayoría de las veces son incompletas y/o parcialmente correctas. Tal como lo muestra la existencia de los modelos cocina y mecano, el alumno muchas veces elabora explicaciones de los fenómenos químicos refiriéndose sólo al nivel macroscópico o sólo, al nivel microscópico de la química. De aquí que el profesor de química deba plantearse la necesidad de la gestión en el aula para que el estudiante sea consciente de sus propias ideas sobre los fenómenos químicos. Así podrá entender que algunas de sus explicaciones se pueden completar con otras. Y avanzar en la comprensión de la utilidad de relacionar el significado macroscópico de la reacción química con el significado microscópico.

La segunda idea es que el alumno no recuerda bien los experimentos hechos en clase. Este aspecto es importante porque la incorporación de los fenómenos estudiados en el laboratorio o vistos en el entorno cotidiano, son necesarios para conseguir la construcción significativa del perfil interactivo de la reacción química. Parece que no es suficiente realizar y referirse a un experimento en clase, una sola vez, durante el proceso de aprendizaje.

La última implicación que se deriva de nuestra investigación se refiere a los ejemplos de fenómenos químicos utilizados en clase, en España. Estos ejemplos citados en los libros de texto españoles, considerados típicos del curriculum español, indican la importancia que tiene la selección de los libros de texto más apropiados, así como de los otros materiales didácticos (De Jong, 1996). Será necesario investigar qué tipo de ejemplos de los libros de texto y otros materiales didácticos pueden ayudar al alumno a construir un perfil interactivo del concepto de reacción química. Este es un reto que queda planteado para la futura investigación, tanto en España, como en otros países.

Bibliografía

- ANDERSSON, B. Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85, 1990.
- BROSNAN, T. *Categorising macro and micro explanations of material change*. En Lijnse, P. and al.(eds.) *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science Education*. Utrecht: CD-B Press, 1990.
- De JONG, O. La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química: nuevos enfoques. *Enseñanza de las Ciencias* 14,3, 279-288, 1996.
- DE VOSS, W. VERDONK, A.V. A new road to reactions. Part 5. The elements and its atoms. *Journal of chemical education*, 64 (12), 1010 – 1013, 1987.
- IZQUIERDO, M.; SOLSONA, N. The case of teaching and learning the concept of chemical change. En O. De Jong et al. (eds.) *Bridging the gap between theory and practice: what research says to the science teacher*. Hong Kong: ICASE, 1999.
- LLORENS, J.A. *Comenzando a aprender química*. Visor, 1991.
- MARTIN DEL POZO, R. *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, 1994.
- MORTIMER, E. Studying conceptual evolution in the classroom as conceptual profile change. Third Misconceptions Seminar Proceedings. Cornell University, Ithaca, NY, 1993.
- SOLOMONIDOU, C. Comment se représenter les substances et leurs interactions?. Tesis doctoral. Universidad Paris VII, 1991.
- SOLSONA N. The emergence of chemical phenomena. *Research in Science Education* II, 235- 240. Art of text. Thessaloniki, Grecia, 1995.

SOLSONA, N. *La emergencia de la interpretación de los fenómenos químicos*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 1997.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M. La construcción del concepto de cambio químico. Los modelos teóricos, un instrumento para su análisis. En Banet y de Pro (eds.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias*, 327 –335, Murcia: CD, 1998.

THAGARD, P. The conceptual structure of the chemical revolution. *Philisophy of Science*, 57, 183-209, 1990.

VAN DIJK, T.A. *La ciencia del texto*. Paidós, Barcelona, 1989