

La elaboración de un texto nombrado por el alumnado "Una receta de cocina científica" permite analizar la capacidad de elaborar explicaciones de los cambios químicos por el alumnado. Se estudiaron los tipos de explicaciones del cambio químico y la estructura de los textos. El artículo muestra las conclusiones e implicaciones didácticas del estudio.

El uso de la explicación en una receta de cocina científica

pp. 79-88

Nuria Solsona*
Mercè Izquierdo**

Introducción

Uno de los objetivos básicos de la orientación del *currículum* de ciencias es promover el interés del alumnado para conectar las ciencias con los fenómenos de la vida cotidiana. Nuestra pretensión de que el alumnado sea capaz de reconocer algunas de las sustancias químicas más habituales y de interpretar algunos de los cambios químicos más importantes para la vida cotidiana no se ha hecho realidad. Para ello el alumnado debería ser capaz de explicar por escrito la relación que establece entre los fenómenos que observa y los conceptos químicos que utiliza para interpretarlas; pero debemos reconocer que, en general, esto no se consigue.

En diferentes estudios se ha signado al lenguaje el carácter de observable de los procesos cognitivos. Algunos autores, como Jay Lemke (1997) ha estudiado la elaboración de significados a través del lenguaje en la clase de ciencias. En la última década, aprender a leer y a escribir en clase de ciencias se ha configurado

como un nuevo reto para la didáctica de las ciencias. Neus Sanmartí (1989) inició el estudio de las distintas formas textuales. Jon Ogborn y otros (1998) estudiaron las explicaciones prototípicas, los estilos de explicación y las entidades en las ciencias y mostraron su importancia en los procesos de elaboración de conocimiento escolar.

Marco teórico

Nos situamos en la línea de investigación que intenta explorar las características y los ámbitos de aplicación de saberes distintos del conocimiento científico, presentes en el entorno social. Según Ronald Giere (1988), los conceptos disciplinares de las ciencias se agrupan en torno a unos modelos teóricos determinados. El modelo "cambio químico" interpreta los fenómenos químicos como un cambio de sustancias con una transferencia de energía asociada y en los que se conserva la masa (Izquierdo, 1996). Si en lugar de considerar el conocimiento científico como la representación

* IES Josep Pla, Barcelona.

** Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona.

más válida desde el punto de vista del aprendizaje, se le concede un *status* relativo respecto a otros tipos de saber, las relaciones entre las representaciones cotidianas y las representaciones científicas ganan importancia. En general, las personas no aprendemos solas sino que lo hacemos integradas en un contexto social que da sentido a lo que aprendemos. Las estructuras de conocimiento se originan y aplican en contextos de experiencia concretos: El conocimiento humano es un conocimiento contextualizado. El contexto social de una persona en situación de aprendizaje, está formado por su entorno social, el centro educativo y los valores presentes en ellos. Este contexto es el que puede hacerle sentir la necesidad de lo que falta por aprender y de lo que tiene que ajustar en el proceso de aprendizaje. El contexto en el que está arraigada cualquier actividad humana no está configurado por una serie de estímulos que afectan a las personas, sino más bien por una red de relaciones que dan significado a la acción.

La construcción social del conocimiento en el aula tiene que favorecer la participación del alumnado en la conversación colectiva para negociar significados mediante la elaboración de producciones propias. El lenguaje es fundamental en el método de elaboración de la ciencia escolar, mediante el diálogo y la discusión en clase, que finalmente debe concretarse en un texto escrito que recoja las explicaciones del alumnado. La habilidad cognitivo-lingüística de "explicar" consiste en establecer relaciones entre fenómenos, especialmente de causa, en el marco de un modelo teórico. En el ejercicio propuesto al alumnado en nuestro estudio, se trata de escribir "Una receta de cocina científica" en la que se expliquen los cambios mediante los conceptos científicos. En cualquier receta de cocina hay una serie de cambios físicos y químicos, en los que participan sustancias, con propiedades identificables y con transferencia de energía. La explicación de los cambios está regida por una serie de principios y relaciones entre conceptos que el alumnado tendrá que ir formulando y ordenando paso a paso. En el período de iniciación al aprendizaje científico adquiere mucha importancia el entrenamiento del alumnado en

la elaboración de las explicaciones químicas y es probable que en este momento el alumnado construya sus explicaciones utilizando un razonamiento causal. Un razonamiento causal es aquel que se caracteriza por asociar "causas" y "efectos" a los fenómenos que acontecen (Gutiérrez, 1992). Una concepción causal espontánea responde a una determinada visión del mundo, a un modo de ver y explicar como se desarrollan los acontecimientos y está presente en la manera de expresarse habitualmente las personas y en los mecanismos de acción que describen (Solsona; Izquierdo y Gutiérrez, 2000).

El aprendizaje de las habilidades cognitivo-lingüísticas en nuestro estudio se plantea en el marco del aprendizaje cooperativo. El aprendizaje cooperativo requiere una estrategia de gestión del aula que privilegia la organización del alumnado en grupos heterogéneos según el sexo y el ritmo de aprendizaje de sus componentes. El trabajo en grupos se basa en la práctica de la ayuda mutua entre el alumnado para la realización de las actividades de aprendizaje. Esto facilita que se vaya aprendiendo a valorar las diferencias individuales y favorece el desarrollo de la responsabilidad individual, en la medida que el aula se organiza de forma multiestructurada (Solsona, 1999).

Las preguntas de nuestra investigación son: ¿Cómo explica el alumnado los cambios químicos que se producen durante la elaboración de una receta de cocina? ¿Qué relación establece el alumnado entre la explicación macroscópica y la explicación microscópica?

Metodología

El alumnado que participó en el estudio pertenece al IES Josep Pla de Barcelona. El currículum de la E.S.O. en este centro escolar, de acuerdo con las prescripciones curriculares en Catalunya, incluye un solo curso obligatorio para el estudio de la química a tiempo parcial (un trimestre), además hay otras asignaturas de carácter optativo. La intervención didáctica se produjo en el contexto de laboratorio tradicional. El trabajo práctico realizado durante el trimestre dedicado al estudio de la química inclu-

yó los experimentos escolares típicos, es decir reacciones de precipitación y combustiones. Únicamente un pequeño grupo de la muestra total, de 18 alumnos y alumnas, en una asignatura optativa había realizado otras experiencias de laboratorio de química para ampliar el concepto de cambio químico.

La muestra está formada por 51 estudiantes, 26 chicas y 24 chicos, pertenecientes a dos clases de 4º de E.S.O., es decir de 15 a 16 años de edad.

Los datos de nuestra investigación fueron obtenidos a partir de las redacciones escritas por el alumnado. La actividad se realizó a mitad del tercer trimestre escolar, es decir después de haber terminado el trimestre de química. Se había estudiado el cambio químico como un proceso de formación de nuevas sustancias así como un proceso de reordenación atómica. También se estudiaron otros temas de química, como por ejemplo los conceptos de sustancia pura (simple y compuesta), elemento químico y la conservación de la masa (del elemento) durante el cambio químico. En el momento en que se empezaba a estudiar la relación entre la energía y el calor, se propuso una actividad de exploración de estos conceptos que conectara con los conceptos básicos de química estudiados el trimestre anterior, de la manera más significativa posible. Para ello, se pidió al alumnado que escribiera un texto en el que se explicara una receta de cocina de su elección, explicando el tipo de cambios que se producen durante su elaboración y la intervención de la energía. En las instrucciones para escribir el texto se especificó que en primer lugar describieran el fenómeno culinario y a continuación lo explicaran científicamente. Los textos fueron escritos individualmente, en casa. Cada estudiante escribió entre media página y una página entera. Estas redacciones se identifican como "textos individuales", en nuestro estudio.

En clase se leyeron y comentaron las redacciones individuales, con el objetivo de diferenciar las explicaciones culinarias y las científicas y revisar las que se referían al cambio químico. A continuación se propuso al alumnado que revisara los textos individuales, si lo consideraba necesario, con el objetivo de poder escribir en la clase siguiente una redacción colectiva por gru-

po. Los textos individuales se han numerado del 1 al 51, para su identificación.

La organización de la clase en grupos de trabajo cooperativo se utiliza de forma regular para realizar tareas como el diseño, la planificación y la realización de experimentos de laboratorio, la confección de mapas conceptuales, la construcción de maquetas, etc. y estas tareas de grupo se alternan con las sesiones de trabajo individual. Los grupos de trabajo en las dos clases donde se realizó la experimentación eran heterogéneos en cuanto al sexo y al nivel de aprendizaje.

Tres días después de haber comentado en clase el texto individual, el alumnado escribió de nuevo "Una receta de cocina científica". Las instrucciones para escribir el texto recalcan la necesidad de especificar la explicación microscópica del cambio químico. Estas redacciones colectivas se identifican como G1 al G16, para distinguirlas de los textos individuales.

Para el análisis de los datos, hemos desarrollado las categorías siguientes para agrupar las explicaciones relativas al cambio químico.

- En la categoría cambio de las *sustancias*, hemos agrupado las explicaciones del cambio químico como la formación de nuevas sustancias con propiedades diferentes.

- En la categoría *cambio físico*; cambio de *propiedades*, las que citan los cambios en las propiedades y los estados de agregación, pero no queda claro si se forma una nueva sustancia.

- En la categoría *acción culinaria* cuando el referente para explicar el cambio químico son las acciones que se realizan en la cocina.

- En la categoría cambio *no reversible* cuando se dice que se trata de un cambio químico porque no es reversible.

- En la categoría cambio de *estructura* cuando se explica el cambio a nivel microscópico;

- En la última categoría, hemos agrupado los textos en los que *no* se cita o *no* se explica el cambio químico.

Estas categorías son similares a las que hemos utilizado en estudios anteriores sobre el concepto de cambio químico (Solsona, 1997, Izquierdo y Solsona, 1999b) excepto la categoría *acción culinaria* que viene dada por el contexto culinario en el cual se ha realizado nuestro estudio.

El análisis de los textos colectivos siguen las pautas de análisis propuestas por Jorba et al. (1998) que incluyen los criterios de evaluación que se indican a continuación y que hemos adaptado a nuestro estudio.

1. *Pertinencia*: Los argumentos globalmente tienen coherencia y hacen referencia al dominio en torno al que se construye la explicación.

2. *Complejidad*: Se elabora un número suficiente de argumentos de forma que se de una visión total del concepto o principio y se establecen relaciones causales explícitas.

3. *Precisión*: Se usan los términos de forma exacta y adecuada según correspondan al contexto científico o al contexto culinario. Se detectan palabras usadas en sentido metafórico.

4. *Volumen de conocimientos*: Es adecuado al nivel que se realiza la explicación.

5. *Organización del texto*: Secuencia de las explicaciones.

Resultados obtenidos

Presentamos los resultados obtenidos en dos subapartados: según las categorías y según los criterios de evaluación.

Resultados en relación a la categorización de las explicaciones

Los principales resultados relativos a la explicación del cambio químico, agrupados según

las categorías desarrolladas en el apartado de Metodología se encuentran en la tabla I:

Algunos ejemplos de las explicaciones agrupadas en la categoría cambio de *sustancias* son: “El arroz habrá tenido un cambio químico ya que ha perdido almidón que lo podemos ver porque ha dado color blanco a la disolución (agua del arroz), habrá coagulado las proteínas y habrá absorbido parte del agua y por eso está más hinchado” (G8). “Produciremos un cambio químico porque se creará una nueva sustancia, la tortilla española, que no será un cambio físico de líquido a sólido ya que la sustancia resultante además del huevo lleva patatas, cebolla, sal, partículas de aceite, es decir, es un cambio químico” (G2).

Algunos ejemplos de las explicaciones agrupadas en la categoría cambio *físico* o *cambio de propiedades* son: “Cuando los macarrones aumenten de tamaño y queden más blandos, es decir cuando se produzca el cambio químico” (G5). “La pasta ya está cocida a causa de la acción del calor, luego decimos que se ha producido un cambio químico. Para ello sólo es necesario probarla y comprobar la dureza, el gusto y el tacto.”(48). “El azúcar sólido realiza un cambio químico y se convierte en un líquido viscoso, el caramelo que tiene un olor característico muy agradable; es un cambio químico porque hay un cambio de estado” (47).

Algunos ejemplos de las explicaciones agrupadas en la categoría *acción culinaria* son: “El

| CATEGORÍA | CAMBIO DE SUSTANCIAS | TEXTOS | |
|-----------|---|--|------------------------------------|
| | | INDIVIDUALES | COLECTIVOS |
| | Cambio de <i>sustancias</i> | 3, 4, 5, 6, 10, 13, 21, 26, 27, 32, 33, 33 | G1, G3, G4, G8, G11, G14, G15, G16 |
| | Cambio <i>físico</i> o cambio de <i>propiedades</i> | 7, 8, 11, 12, 20, 22, 25, 29, 30, 33, 36, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 49, 50 | G1, G2, G3, G12, G14 |
| | <i>Acción culinaria</i> | 29, 30, 31, 32, 36, 50 | G3, G4, G5, G6 |
| | Cambio de <i>estructura</i> | 1, 3, 24 | G9, G10, G15, G16 |
| | Cambio <i>no reversible</i> | 2, 19, 28 | |
| | No explica el cambio | 9, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 31, 35, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 51 | G7, G13 |

88

pollo se cuece y experimenta un cambio químico ya que se cuece y la piel se tuesta”(G6). “(Cuando se fríe el *bacon*) se produce un cambio químico porque no es reversible”(29).

Algunos ejemplos de las explicaciones agrupadas en la categoría cambio *no reversible* son: “hacer una tortilla es un cambio químico porque no podemos volver atrás”(19) “Al cocer la masa de la *crêpe* se ha producido un cambio químico porque ya no podemos obtener la masa inicial”(28).

Algunos ejemplos de las explicaciones agrupadas en la categoría cambio de *estructura* son las siguientes; “En este momento (ebullición del agua) pondremos el huevo en el agua, el huevo se cuece, se produce un cambio químico pues hay una reordenación de las moléculas del huevo, por efecto de la transmisión de energía del agua al huevo” (G9). “Freír las patatas es un cambio químico porque su composición (de partículas) ha variado” (3). “La pasta recibe la energía calorífica del agua que hace que se produzca un cambio químico con reordenación de partículas y se forma una nueva sustancia, la pasta está cocida”. (G10).

En cuanto a la categoría *estructura*, se observa que el grupo G7 no explica el cambio químico a nivel macroscópico ni a nivel microscópico. El texto del G2, recogiendo una idea individual de un miembro del grupo, explica la ebullición del agua porque “la energía térmica del fuego empieza a romper los enlaces del hidrógeno y el oxígeno”, pero no explica el cambio químico. Los grupos G9, G13 y G14 argumentan el cambio químico principalmente a nivel microscópico. Los grupos G10, G16 y G16 elaboran una explicación equilibrada entre el nivel macroscópico y microscópico. El resto de los grupos elaboran sus argumentos a nivel ma-

croscópico. Los resultados obtenidos relativos al uso de la explicación microscópica del cambio químico se encuentran en la tabla II.

La elaboración de explicaciones del cambio químico a nivel microscópico en ocasiones no es significativa, además de no ser adecuada. Por ejemplo, el G15 confunde la explicación microscópica de los cambios físicos y de los cambios químicos y la utiliza indistintamente. Para explicar el cambio físico, dice: “A nivel de partículas no ha habido reordenación puesto que las fuerzas de atracción entre las partículas no varían. Lo mismo que la distancia entre ellas”. Y para explicar el cambio químico, empieza hablando de la reordenación de partículas y acaba refiriéndose a los cambios de estado. Dice: “También es un cambio químico, puesto que la nueva sustancia ha adquirido nuevas propiedades, diferentes de las anteriores. Hay reordenación de partículas. Las partículas varían entre ellas la distancia; también varían las fuerzas de atracción, las partículas de las sustancias que pasan de líquido a gas, rompen las fuerzas de atracción entre ellas; las de las que pasan a sólido, aumentan la atracción”.

En relación a los criterios de evaluación

El estudio de la *pertinencia* en relación al marco teórico presenta las siguientes características. A pesar de que en algunos de los textos colectivos, se utilizan distintos argumentos para explicar los cambios ocurridos en la receta, no se presentan problemas de coherencia, ya que en la mayoría de los casos son explicaciones complementarias. El G1, afirma que “se produce un cambio físico porque no se forma una nueva sustancia” y más adelante dice que: “se produce un cambio químico porque el

| | EXPLICA EL CAMBIO QUÍMICO | NO EXPLICA EL CAMBIO QUÍMICO | EXPLICACIÓN EQUILBRADO ENTRE EL MACRO Y EL MICRO |
|-------|---------------------------|---|--|
| TEXTO | G9, G13 y G14 | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G11 y G12 | G10, G15 y G16 |

arroz tiene nuevas propiedades ... y se crea una nueva sustancia". Cuando se habla de *acciones* culinarias tampoco se presentan problemas de coherencia, ya que éstas se usan como analogías del cambio químico.

Podemos aceptar que los textos son pertinentes en sentido amplio, puesto que todos se refieren a 'recetas de cocina' que conocen y las explican con sus propios conocimientos de química. Ahora bien, el significado que atribuyen a los términos en relación a los fenómenos no siempre se ajusta a la ortodoxia científica. Uno de los problemas detectados se refiere a lo que llamamos 'nivel meso de la explicación' es decir el uso que se hace en los textos de mesoentidades como "propiedad", "sustancia", "cambio químico" y de las acciones culinarias. Esta confusión viene propiciada por el contexto culinario, puesto que los huevos, los macarrones, las tortillas...son 'objetos' que, aunque adquieren nuevas propiedades atribuidas a nuevas sustancias, continúan siendo lo que eran.

En algunos textos se utiliza el concepto "propiedad", como una etiqueta explicativa por sí sola del cambio. Dicen G1, G2: "Se produce un cambio químico porque el arroz tiene nuevas propiedades". "Se produce una reacción química al freír el huevo porque el resultado obtenido tiene características diferentes". En una tercera parte de los textos se habla de "sustancia". Algunos grupos utilizan el concepto de "sustancia" y "nueva sustancia" de forma poco pertinente, ya que pretende ser por sí sola identificativa del cambio químico. Por ejemplo, en G1, dicen: "(al cortar la lechuga) se produce un cambio físico porque no se forma una nueva sustancia" y "el arroz pierde almidón y se crea una nueva sustancia". En G4: "Se producirá un cambio químico, ya que el queso y la mantequilla que está por encima se cocerá y formará una nueva sustancia". En G10: "Lo que sucede al seguir esta indicación es un cambio físico, en el que no se forma una nueva sustancia (se refiere a la ensalada)" y "La pasta recibe la energía calorífica del agua que hace que se produzca un cambio químico en el que... se forma una nueva sustancia, la pasta cocida". En G14: "(Al cocer el pastel) Ha habido un cambio químico porque

se ha formado una nueva sustancia diferente de las sustancias iniciales. Ahora el sólido tiene las partículas muy unidas y las fuerzas de atracción son más fuertes". Y en G13: "sus partículas forman una nueva sustancia". El grupo G3 dice: "La tortilla española, la sustancia resultante además de huevo lleva patatas, cebollas, sal...". Y completa la explicación del cambio químico como cambio de propiedades, haciendo una comparación con el cambio físico: "...producimos un cambio químico, la tortilla española, que no será un cambio físico de líquido a sólido ya que la sustancia resultante...".

El análisis de la completitud de los textos señala que la mayoría de los textos elaboran uno o dos argumentos para explicar el cambio químico que tiene lugar en la receta elegida por el grupo. Se utilizan más razonamientos causales de los que son habituales en un experimento de laboratorio, en concreto las estructuras causales prototípicas o directas, pero en varios casos el cambio químico es la causa de los cambios observados. La tabla III recoge algunas de las unidades de análisis seleccionadas en los textos colectivos que han sido numeradas con el número que se indica entre paréntesis.

Todos los textos escritos por los grupos, menos el G15, utilizan razonamientos causales, en un número que oscila desde una cadena causal que construye el G16 hasta las diez estructuras causales que construye el G10. El G10 resulta paradigmático ya que razona todas las acciones que propone de forma causal, construye cadenas causales e incluso contrargumentos con estructuras causales. En el contexto culinario, los agentes causales son materiales (el agua, la sal, el aceite, ...), entidades como el calor y acciones como "cortar, trocear, untar, agitar, juntar y añadir".

En el análisis de la precisión de los textos, como ya se indicó se observa el uso de algunas entidades de forma confusa, ya que no se delimita si pertenece al contexto científico o al culinario. Por ejemplo, el término "elemento" se utiliza como sinónimo de "componente" o de "material". El G1, cuando habla de la ensalada, dice: "Es una mezcla ya que no ha habido ninguna alteración química de los elementos". Y el

| GRUPO | UNIDADES DE ANÁLISIS SELECCIONADAS |
|-------|--|
| G1 | (13) Se produce una reacción química al freír el huevo porque el resultado obtenido (huevo frito) no puede volver al estado original (huevo fresco) y tiene unas características diferentes. |
| G3 | (2) Una vez producido un cambio químico en la cebolla y las patatas, se crea una nueva sustancia, es decir quedan más doradas y blandas (5) una vez mezclado el huevo con las patatas y la cebolla, que es una mezcla, (6) producen un cambio químico porque se creará una nueva sustancia, la tortilla española. |
| G9 | (13) Se produce un cambio químico ya que hay una reordenación de las moléculas del huevo, por efecto de la transmisión de energía del agua al huevo. |
| G10 | (8) La pasta recibe la energía calorífica del agua que hace que se produzca un cambio químico en el que hay una reordenación de partículas y se forma una nueva sustancia, la pasta cocida. |
| G14 | (14) Añadimos la levadura (a la masa) para que cuando cueza aumente su volumen '...la masa se deja cocer. (17) La mezcla pasa de ser líquida a sólida. (18) Ha habido un cambio químico porque se ha formado una nueva sustancia diferente de las sustancias iniciales. Ahora el sólido tiene las partículas muy unidas y las fuerzas de atracción son más fuertes. |
| G16 | (4) Seguidamente añadiremos solamente unas gotas de limón a la leche (5) en este momento se produce un cambio químico que (6) a nivel de partículas significa una reordenación atómica, por tanto, las partículas se reordenan formando una nueva sustancia, totalmente nueva. Algunas partículas de leche se unen con las del limón, mientras que otras se separan (suero). |

G3, al explicar lo que ocurre al batir el huevo, dice: “*Se ha formado un coloide porque no se distinguen los elementos a simple vista, por tanto es homogéneo, pero si lo miráramos al microscopio llegaríamos a la conclusión de que es heterogéneo porque se distinguen tres elementos: la sal, la yema y la clara.*”

En otros casos, la cualidad ‘reversible’ atribuida a algunos cambios los identifica como físicos, contribuyendo a la confusión entre el cambio físico y el cambio químico. Sin embargo, se ha conseguido que los alumnos y alumnas razonen en términos de ‘cambios de composición en los materiales’, como el G9: “*(Al lavar la lechuga) se habrá efectuado un cambio físico, ya que la sustancia (la lechuga) es la misma; no varía su composición*”. Dos textos colectivos explican el cambio químico indicando que “no es reversible”. El G1 que ya hemos recogido en la tabla III y el G4 que razona diciendo: “Cada vez que freímos un ingrediente, a causa del calor que transmite el fuego, se produce un cambio químico, ya que... no es reversible”. Y contrargumenta el cambio físico diciendo: “Cuando funda (la mantequilla) se producirá un cambio químico ya que creemos que se forma una nueva sustancia que no es reversible”. Los dos

textos presentan una falta de precisión ya que algunos cambios físicos tampoco son reversibles.

En algunos textos hay confusión entre el cambio físico y el cambio químico, tal como ya se había observado en otras investigaciones (Sanmartí, 1989; Solsona, 1997). Por ejemplo, en el texto que acabamos de citar del G4: “Cuando funda (la mantequilla) se producirá un cambio químico ...”. Y el G12 dice: “Los huevos pasan de estado líquido a sólido (cambio químico)”.

El análisis del *volumen de conocimientos* presenta las siguientes características. Habitualmente se considera que la capacidad del alumnado de razonar en los textos a nivel microscópico es superior a la de aquellos que razonan a nivel macroscópico o bien utilizando mesoentidades. En nuestro estudio, este volumen superior de conocimientos no siempre ha posibilitado que los grupos elaboren textos pertinentes. Por ejemplo, los textos de los grupos G10, G15 y G16 elaboran una explicación equilibrada a nivel macroscópico y microscópico. En cambio, el grupo G14 argumenta el cambio químico exclusivamente a nivel microscópico, sin hablar de las sustancias. El Grupo G13 habla de partículas pero sin referirse al cambio químico. El

texto del G2, recogiendo una idea individual de un miembro del grupo que se convierte en colectiva, explica microscópicamente la ebullición del agua, pero no explica el cambio químico a este nivel.

El análisis de la *organización del texto* señala que la estructura de los textos elaborados por los grupos es instructiva, debido a las características de las recetas de cocina. Esta estructura es similar a la estructura del procedimiento a seguir para realizar un experimento de laboratorio. Además todos incluyen una parte con estructura explicativa y/o explicativa con referencia al modelo. Distinguimos entre un texto explicativo y un explicativo con referencia al modelo. En el primer caso se producen razones o argumentos de carácter general, que en nuestro estudio en muchas ocasiones se refieren al contexto culinario de manera ordenada. Consideramos un texto explicativo con referencia al modelo de cambio químico, cuando se establece una relación entre el hecho que se explica y el modelo. Este debería ser el objetivo del aprendizaje en química.

Los principales resultados obtenidos en el análisis de las tipologías textuales se encuentran reflejados en la tabla IV que incluimos abajo.

Conclusiones y propuestas didácticas

El análisis de los textos destaca que la presencia de razonamientos causales es más elevada en los textos colectivos que en los individuales, dado que la discusión en el grupo comporta una mayor reflexión sobre sus explicaciones. La presencia de razonamientos causales en la receta de cocina es más elevada que en un texto habitual

de química. En el contexto culinario hay un agente causal claro (el fuego) y muchas acciones a realizar en la preparación de una receta de cocina que conllevan el establecimiento de razonamientos causales. Además, el alumnado parece identificar con más facilidad las acciones que se realizan en el contexto culinario que en el laboratorio. Esto le permite elaborar razonamientos causales con mayor facilidad al escribir sobre una receta de cocina que cuando explica un experimento del laboratorio (Solsona, 2001c).

En cuanto a la precisión de los textos, dado que están escritos en un contexto culinario, el uso de los términos científicos plantea algunas dificultades puesto que los mismos términos se utilizan con significados diferentes en el contexto culinario que en el científico. No observamos correlación entre el volumen de conocimientos a nivel microscópico con la elaboración de buenas explicaciones. En este estudio, el alumnado que había realizado el aprendizaje de la química en el contexto de laboratorio habitual, le ha resultado difícil vincular las entidades microscópicas con los fenómenos culinarios que se producen a nivel macroscópico.

En la estructura de los textos, destaca que todos los grupos incluyen una parte del texto instructivo donde se indican los pasos a seguir en la preparación de la receta, acompañados de la explicación de los cambios que se producen y terminan con una frase del tipo "Buen provecho!" O "Ya está lista para comer". Es decir, sobre la matriz de un texto instructivo se van intercalando unidades de información que corresponden a textos explicativos, algunos de ellos de carácter general y otros con referencia explícita al modelo de cambio químico. Los G5, G7, G8 y G12 son los únicos que no elaboran un texto explica-

| | TEXTOS | | |
|--------|------------------|--|---|
| | INSTRUCTIVOS | EXPLICATIVOS | EXPLICATIVOS EN FUNCIÓN DEL MODELO |
| GRUPOS | Todos los grupos | G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G14, G15, G16 | G1, G2, G3, G4, G9, G10, G13, G14, G15, G16 |

tivo que haga referencia al modelo. Sin embargo, no se ha producido la apropiación del marco teórico tanto como deseábamos.

En cuanto a las explicaciones elaboradas en los textos citados, consideramos que son un instrumento útil para que el alumnado avance en el aprendizaje del modelo de cambio químico. Hay explicaciones culinarias que explican el cambio químico para el alumnado; por tanto, pueden funcionar como modelos en el proceso de elaboración del modelo de cambio químico. Sin embargo, nos podemos preguntar hasta qué punto hemos conseguido que el alumnado 'explique' los cambios en la cocina con los conceptos químicos aprendidos en clase. Creemos que el contexto culinario es un camino con grandes posibilidades para el aprendizaje, pero hemos visto también que no es fácil recorrerlo con éxito. En efecto, hemos conseguido que el alumnado 'explique' y 'actúe', interviniendo en la transformación de los materiales y esto nos parece muy positivo: muy pocas veces se consigue esto mismo en un contexto de laboratorio químico, puesto que el alumnado no puede intervenir con autonomía en los fenómenos químicos que se le muestran y no se ve capaz, tampoco, de 'hablar y escribir' sobre ellos. Pero muchas de las explicaciones que hemos obtenido que identifican 'cambio de propiedades' y 'cambio de sustancias' pueden referirse a un 'objeto' (arroz, tortilla,...), con lo cual la representación del fenómeno, en términos de 'sustancias que forman los objetos' queda en entredicho.

Hemos podido identificar algunas orientaciones didácticas más prometedoras. Son las que se refieren a las consecuencias de las acciones que aparecen en las recetas y las que siguen la pista de una sustancia en los diferentes 'estados del objeto': por ejemplo, las sal en la tortilla, el almidón en los macarrones... También es interesante la relación entre 'cambio' y 'composición' y la distinción, que se establece con suficiente claridad, entre 'mezcla' y 'cambio químico'.

En el ámbito metodológico, nuestro estudio muestra la importancia del contexto para la elaboración de explicaciones. A pesar de que los textos fueron escritos en clase de química, el contexto de química de la cocina condiciona el

tipo de explicación que el alumno considera más adecuado para el cambio químico y da fuerza a las explicaciones en las que intervienen procesos y acciones culinarias.

Nuestro estudio presenta dos implicaciones para la enseñanza. La primera se refiere a las ventajas de utilizar contextos diferentes al del laboratorio escolar para la iniciación al aprendizaje de la química. En el contexto culinario, la proximidad de las sustancias y algunos de los fenómenos puede ayudar al alumnado a elaborar explicaciones del cambio químico mediante textos escritos. Las sustancias más citadas en nuestro estudio (agua, aceite, sal...) están presentes en cualquier propuesta de intervención didáctica. Los instrumentos de la cocina son similares a los del laboratorio y los procesos (hervir, freír,...) son más conocidos por el alumnado (Solsona, 2001a,b). El estudio muestra que el contexto cotidiano de la química de la cocina, ayuda al alumnado a construir el hecho científico mediante la confección del texto "Una receta de cocina científica". El alumnado durante el proceso de aprendizaje tiene acceso a un número de hechos o fenómenos más reducido de los que serían necesarios para llegar a comprender las teorías científicas que se le presentan. Para que un hecho trabajado en clase se convierta en un "hecho interpretado" puede ser fundamental el contexto en el que se plantee.

La segunda implicación para el aprendizaje se refiere a la utilidad didáctica de la elaboración de textos científicos en clase de química. La redacción de una receta de cocina explicada en términos científicos, así como la redacción de informes de laboratorio relacionados con la preparación de una mermelada o de un pastel son actividades que mejoran los resultados de aprendizaje en una clase de iniciación a la química.

REFERENCIAS

- GIERE, R. (1988). *Explaining Science*. Chicago Univ. *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Conacyt (1992).
- GUTIÉRREZ, R. (1992). A casual framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14(2), 201-220.

- IZQUIERDO, M. (1996). Cognitive models of science and the teaching of science, history of sciences and curriculum en *Research in Science Education* II, 106-117, Art of Text. Thessaloniki, Grecia.
- IZQUIERDO, M.; SOLSONA N. (1999). *The case of teaching and learning the concept of chemical change*. Proceedings of the 1998 International Summer Symposium. Utrecht, Centre for Science and Mathematics Education, 111-126.
- JORBA, J. et. al. (eds.) (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona: ICE UAB.
- LEMKE, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; Marytins, I.; MCGILLICUDU, K. (1998) *Formas de explicar*. Madrid: Santillana.
- SANNMARTI, N. (1989). Enseñar a elaborar textos científicos en clase de ciencias. *Alambique*, 12, 51-61.
- SANMARTÍ, N. y IZQUIERDO, M. (1998). Reflexiones en torno a un modelo de ciencia escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 51-62.
- SOLSONA, N. (1997). *L'emergència de la interpretació dels canvis químics*. Tesis doctoral publicada en microficha. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SOLSONA, N. (1999). Un modelo para la instrumentación didáctica del enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Pensamiento Educativo*. Vol. 21 (julio 1999) 57-76.
- SOLSONA, N. (2001a). Saber doméstico y cambios químicos. *Cuadernos de Pedagogía*, 299, 40-43.
- SOLSONA, N. (2001b). Química culinaria y saberes femeninos. *Aula para la Innovación Educativa*, 105, 41-44.
- SOLSONA, N. (2001c). La habilidad lingüística de explicar en una receta de cocina científica. Enseñanza de las Ciencias. *Retos de la enseñanza de las ciencias en el sigloXXI*. Tomo I, 175-176.
- SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M.; GUTIÉRREZ, R. (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 15-24.

SUMMARY

L'élaboration d'un texte appelé par les élèves "Une recette de cuisine scientifique" nous permette analyser la capacité des étudiants pour élaborer des explications sur les changements chimiques. Nous avons étudié les types d'explications sur le changement chimique et la structure des textes. Cet article montre les conclusions et les implications didactiques du travail.

RÉSUMÉ

The building up of a text called by students "A scientific recipe" allows us to analyze the ability to make up explanations for chemical changes by students. The different types of explanations for the chemical change and texts structures were studied. The report shows the conclusions and didactic implications of the study.