



# Concepciones que sobre la velocidad de una reacción química tienen los alumnos de segundo curso de B.U.P.

Francisco Lorenzo y Juan R. Gallastegui (\*)  
Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales  
E.U. del Profesorado de E.G.B.  
Universidad de Santiago de Compostela

## RESUMEN

En este trabajo se ponen de manifiesto las interpretaciones que hacen alumnos de 2º curso de BUP, que siguen en la asignatura de Física y Química el proyecto AcAb, sobre un proceso en el que se estudia la velocidad de la reacción entre el carbonato cálcico (mármol) y el ácido clorhídrico diluido. A pesar de ser el segundo año de su curriculum donde tratan el modelo atómico de la materia, se observa que sólo un número muy pequeño hace interpretaciones que incluyen ideas sobre dicho modelo. El uso de los modelos científicos en la interpretación de procesos, como el que aquí se describe, puede ayudar a la realización del cambio conceptual.

## Introducción

Después de una fructífera década en la investigación didáctica en el campo de las ideas intuitivas de los alumnos, los profesores de Ciencias de los distintos niveles y los encargados de diseñar el curriculum disponen ya de un buen bagaje de conocimientos sobre las ideas intuitivas o interpretaciones alternativas en numerosos campos de las Ciencias Experimentales. Algunas partes de la Física han sido estudiadas en profundidad, sobre todo la mecánica, los conceptos de calor y temperaturas, la energía en todas sus manifestaciones

y en menor extensión la física de la luz. En cambio es mucho menor el número de estudios que se han realizado hasta el momento en el campo de la Química.

La importancia de conocer la estructura cognitiva de los alumnos ha sido puesta de manifiesto por numerosos autores; es muy importante que el profesor entienda los marcos conceptuales de los alumnos para que el diálogo enseñanza-aprendizaje sea efectivo y para que el alumno adquiera un aprendizaje significativo, desde el punto de vista de David Ausubel. En palabras de André Giordan (1987): *las concepciones de los alumnos deben ser*

(\*) Avda. Juan XXIII, s/n 15771 Santiago de Compostela

*un esquema de referencia del acto pedagógico por lo que tan necesario es conocerlas, como también utilizarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.*

El estudio que vamos a exponer se centra, pues, en las interpretaciones que los alumnos de segundo curso de BUP (15-16 años) realizan sobre la reacción del marmol ( $\text{CaCO}_3$ ) y ácido clorhídrico diluido. Esta reacción forma parte de la Actividad Abierta (AcAb) *el marmol*, segunda de las actividades que componen el Proyecto AcAb-Química (García-Rodeja, Lorenzo, Dominguez, Díaz, 1987). Este proyecto, basado en un compromiso teórico de tipo constructivista, permite a los profesores, que lo están experimentando, obtener resultados como el que en este trabajo se resume.

### Metodología

La metodología utilizada intenta ser un compromiso entre el polo conceptual y el fenomenológico del que hablan Driver y Erikson (1983). Se coloca al alumno ante una situación experimental y se le pide que escriba tanto su visión fenomenológica como su interpretación conceptual: *escribe lo que veas que ocurre y por qué crees que ocurre así*. Esta técnica tiene una ventaja decisiva por su sencillez y es que el propio profesor que enseña, según un diseño curricular concreto, puede llevarla a cabo en el aula sin producir distorsiones como otro tipo de técnicas.

En nuestro caso, los alumnos tienen que interpretar la diferencia que hay entre la reacción de trozos de mármol, de diferentes tamaños, con el ácido clorhídrico y también con trozos de mármol del mismo tamaño y diferentes concentraciones de ácido.

Este tipo de razonamiento cabe perfectamente en alumnos que mayoritariamente se encuentran entre las operaciones concretas avanzadas y formales iniciales. Shayer y Adey (1984), en sus taxonomías para el análisis del curriculum, aluden textualmente en las operaciones concretas avanzadas a *si se parte el sólido en pedazos la reacción va más deprisa* y en el nivel de operaciones formales iniciales: *al descender la concentración también baja la ve-*

*locidad*. Los estudios a los que nos referíamos en la introducción han mostrado que no basta con tener en cuenta el desarrollo cognitivo de los alumnos a la hora de proponer estrategias pedagógicas para la enseñanza de un determinado concepto o modelo, sino también tener en cuenta toda una serie de dificultades didácticas, entre las que se encuentran, como más importantes, precisamente los esquemas alternativos de los alumnos.

Podemos resumir, por tanto, la situación experimental a la que se enfrenta al alumno como sigue:

- Se realiza la reacción en tres vasos de precipitado en los que se coloca la misma cantidad del mismo ácido clorhídrico diluido con mármol de diferentes tamaños, en la primera serie de experiencias, y en la segunda se coloca al alumno ante la reacción con tres concentraciones diferentes de ácido y el mármol del mismo tamaño en los tres vasos. Como la velocidad de la reacción se puede seguir perfectamente por el mayor o menor desprendimiento de burbujas de dióxido de carbono, los alumnos podrán hacer sus observaciones e interpretaciones sin dificultades.

Esta reacción presenta otra posibilidad considerada en el Proyecto Nuffield (1970): el seguimiento de la pérdida de peso en función del tiempo. En nuestro estudio no se realiza el seguimiento de reacción con el tiempo por que podría distraer la atención del alumno en relación al objetivo expuesto anteriormente.

Registramos así las respuestas escritas de los alumnos para hacer diferentes categorías que pasamos a exponer a continuación en el apartado de resultados.

### Resultados

Del análisis de las respuestas de los alumnos (N= 32) podemos hacer dos grandes categorías, que asu vez dividiremos en otras dos subcategorías, cada una de ellas:

- A. Respuestas que incluyen interpretaciones con cierto nivel de abstracción . . . . . 10
- B. Respuestas que se limitan a describir la realidad observada . . . . . 22

Dentro de estas resultarían las siguientes subcategorías:

- A1. Alumnos que utilizan el modelo atómico de la materia en sus interpretaciones . . .5
- A2. Alumnos que en sus interpretaciones no utilizan el modelo atómico (nivel macroscópico), interpretaciones alternativas .5
- B1. Respuestas fenomenológicas, que incluyen interpretaciones alternativas . . . . .5
- B2. Respuestas puramente descriptivas . .17

**Descripción de las diferentes categorías**

A1. Esta categoría incorpora las respuestas de los alumnos en las que se hace uso del modelo químico, aunque las interpretaciones no sean del todo correctas pues hablan de moléculas de mármol. Como ejemplos de estas interpretaciones podemos destacar:

*"Cuanto más pequeño más velocidad. Supongo que será porque al estar en trozos más pequeños a las moléculas de ácido les cuesta menos trabajo llegar al marmol".*

*"El que se deshace más rápidamente es el polvillo porque al estar sus partículas más separadas que en la pieza grande, el ácido clorhídrico penetra con más facilidad e intensidad en el mármol lo que hace que se deshaga con intensidad".*

Aún dentro de este tipo de respuestas se puede detectar alguna interpretación alternativa como:

*"Reacciona más el polvillo porque el ácido atraviesa más fácilmente las moléculas porque son más pequeñas. El que tiene la piedra de mármol es el que menos reacciona porque el ácido tarde más en llegar a las moléculas centrales".*

Hay que tener en cuenta que solamente dos de los cinco alumnos de esta categoría hacen la interpretación del proceso tanto en el caso del mármol como en el de la concentración del ácido, los otros tres sólo lo hacen para el tamaño del marmol:

*"Las moléculas de ácido reaccionan con las de mármol, si está mezclado con agua, no estarán en contacto tantas moléculas, porque estará el mismo número pero algunas serán de agua y estas no reaccionan".*

A2. En esta categoría se incluyen los alumnos que realizan interpretaciones de un cierto

grado de abstracción pero que no utilizan el modelo químico. Resultan así interpretaciones desde un punto de vista macroscópico:

*"Cuanta más agua echamos la concentración va a menos y el volumen aumenta. Entonces el HCl tiene que repartirse entre más volumen y pierde intensidad".*

*"El agua funciona de atenuante ante el ácido clorhídrico y por eso van con mayor lentitud".*

*"Puede ser porque la reacción se realiza en la superficie del mármol, entonces, cuanto más fragmentado está, más superficie está en contacto con el ácido clorhídrico".*

En algunas respuestas se detectan todavía ideas animistas:

*"Cuanto más pequeñito, más facilidad tiene el ácido clorhídrico para comérselo".*

B1. Se incluyen en esta categoría las respuestas que aunque son descriptivas dan algún tipo de interpretación alternativa:

*"El mármol de varios trozos tiene mucha concentración y el mármol del polvillo no tiene casi concentración".* Habla de la concentración del mármol en fase sólida.

O, la más frecuente, de asociar el proceso a un fenómeno de disolución: *"cuanta más concentración haya, antes se disuelve el mármol"* o *"el mármol al ser más pequeño tarda menos en disolverse"*.

B2. En esta categoría, por último, se incluyen aproximadamente la mitad de los alumnos, que se limitan a describir la realidad que observan sin realizar ningún tipo de interpretación. Son plenamente conscientes de que tanto el tamaño del mármol como la concentración del ácido influyen en la velocidad de reacción (mayor o menor desprendimiento de burbujas) pero se limitan a describir esa realidad.

Si pensamos en clasificar las interpretaciones de los alumnos que estamos estudiando en términos de las imágenes a las que se refiere Kleinman, Griffin y Kerner (1987), obtendremos los siguientes resultados:

De Modelo . . . . .	5	(A1)
Asociativa . . . . .	10	(A2 + B1)
Reales . . . . .	17	(B2)

Los resultados recuerdan bastante los obtenidos por los citados para estudiantes americanos no graduados.



### Implicaciones didácticas

El modelo atómico de la materia se introduce en casi todos los países entre los 13 y 14 años (Martinand, 1986; Brook, Briggs, Driver, 1984). Recordemos que en nuestro país se hace en el Ciclo Superior de la EGB, entre los 12 y 14 años. La necesidad de su inclusión en estos niveles de la enseñanza es poco discutible, vistos los resultados de las últimas investigaciones realizadas en torno a las interpretaciones de alumnos ante procesos químicos antes de acceder al modelo atómico (Pfundt, 1983; Meheut, 1985; Furió, 1987 y Carbonell, 1987); estos resultados indican que sin modelo no hay posibilidad alguna de interpretación.

Pero la cuestión es más profunda, en el sentido de saber hasta qué punto el modelo es incorporado a la estructura conceptual del alumno y también cuál es la utilización que el alumno hace de él en la explicación de las propiedades físicas y químicas entre las que se encuentra la reactividad.

Los resultados encontrados hasta el momento por algunos autores no difieren demasiado. Como ejemplo de ellos podemos citar la investigación que dentro del Proyecto CLIS (Children Learning in Science Project) llevaron a cabo Brook, Briggs y Driver (1984), en la que ponen de manifiesto que menos de 20% de los alumnos de 15 años interpretan los procesos con incorporación de ideas aceptables sobre el modelo de partículas. Lo mismo apuntan Gabel, Samuel y Hunn (1987), cuando dicen que las concepciones de los alumnos sobre la naturaleza atómica de la materia están muy lejos de lo que sería deseable.

¿Cuál sería entonces el significado de estos resultados para la enseñanza de la Química?

Creemos que es de la mayor importancia la utilización por parte del profesor -con la consecuente invitación a sus alumnos a hacerlo- del modelo atómico que se propone tanto en la justificación de propiedades físicas y químicas de la materia, como en la interpretación de los cambios energéticos y, como no, en la interpretación de las velocidades de las reacciones químicas.

La utilización del modelo es esencial desde el punto de vista de Posner, Strike Hewson y Gertzog (1982), para los cuales no solamente es necesario que exista una insatisfacción con las concepciones que se tienen y que las nuevas concepciones sean mínimamente comprendidas por los alumnos, sino que para promover el cambio conceptual se necesita que estas nuevas concepciones sean fructíferas, que se puedan utilizar de forma activa. Por ello, el dar a los alumnos todas las oportunidades para utilizar las nuevas concepciones, en este caso la naturaleza atómica de la materia en la justificación de procesos, será un objetivo primordial en la enseñanza de cualquier ciencia.

No debemos desaprovechar, por tanto, la justificación de la velocidad de las reacciones químicas en términos del modelo atómico, aunque sea en experiencias tan sencillas como la que se propone en nuestro trabajo.

Una posibilidad a tener en cuenta es la de ayudar al alumno a "visualizar" el modelo. Creemos que para ello puede ser de gran utilidad la utilización del ordenador (aprovechando los poderosos lenguajes de autor de los que disponemos en la actualidad), en programas de simulación del comportamiento de la materia al nivel microscópico, que ayudarían al alumno a fijar las ideas que, como en este caso, requieren un cierto nivel de abstracción (Batt, 1980). Experiencias en este campo están siendo desarrolladas por el grupo informático del Proyecto AcAb.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Consellería de Educación e Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia la financiación parcial del trabajo dentro del programa de ayudas para el fomento de la investigación científica y técnica aprobado por la Comisión Interdepartamental de Ciencia de Tecnoloxía de Galicia (CICETGA).

### REFERENCIAS

- BATT, R. H. (1980). A Piagetian Learning Cycle for Introductory Chemical Kinetics. *Journal of Chemical Education*. vol. 57, N° 9, pp. 634-635.

- BROOK, A.; BRIGGS, H. y DRIVER, R. (1984). *Aspects of Secondary Students Understanding of the Particulate of Matter*. Children Learning in Science Project, Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. Leeds.
- CARBONELL, F. y FURIÓ, C. J. (1987). Opiniones de los adolescentes respecto del cambio sustancial en las reacciones químicas. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 5, N° 1, pp. 3-9.
- DRIVER, R. y ERICKSON, G. (1983). Theories-in-action: Some Theoretical and empirical issues in the of students conceptual frameworks. *Studies in Science Education*. vol. 10, pp. 37-60.
- FURIÓ, C. J. y HERNANDEZ, J. (1987). Parallels between Adolescents Conception of Gases and the History of Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Vol. 64, N° 7, pp. 616-618.
- GABEL, D. L.; SAMUEL, K. U. y HUNN, D. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education*. Vol. 64, N° 8, pp. 695-697.
- GARCÍA-RODEJA, E.; LORENZO, F. M.; DOMINGUEZ, J. M. y DÍAZ, J. (1987). *Proyecto AcAb. Química*. Universidad de Santiago de Compostela, Servicio de Publicaciones e Intercambios científico. Santiago de Compostela.
- GIORDAN, A. (1987). Conceptions sur l'utilisation pédagogique des conceptions. *II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Valencia.
- KLEINMAN, A. W.; GRIFFIN, H. C. y KERNER, N. K. (1987). Imágenes in Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Vol. 64, N° 9, pp. 766-770.
- MEHEUT, M.; SALTIEL, E. y TIBERGHIE, A. (1985). Pupils (11-12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*. vol. 7, N° 1, pp. 83-93.
- NUFFIELDS, (1970). *Química. Curso modelo. Fase I y II*. Reverté. Barcelona.
- PFUNDT, H. (1981). Pre-instructional conceptions about Substances and Transformations of Substances. *Proceedings of the international workshop on Problems concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge*. Pedagogische Hochschule Ludwigsburg, pp. 320-341.
- POSER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, D. W. y GERTZOG, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*. Vol. 60, N° 2, pp. 211-227.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1984). *La Ciencia de Enseñar Ciencias*. Narcea. Madrid.

#### SUMMARY

We state in this paper the interpretations secondary pupils (2° B.U.P., 16 years old), who study Physics and Chemistry with the AcAb Project, have about the process in which it is studied the speed reaction between calcic carbonate (marble) and diluted hydrochloric acid. In spite of being the second year they study the atomic model of matter, it is observed that just a low number of them do interpretations that include ideas about that model. The use of scientific models in processes interpretation, as the one here described, can facilitate the conceptual change achievement.

#### RÉSUMÉ

Dans ce travail on avance les interprétations que les élèves de deuxième de BUP, qui suivent dans la matière de Physique et Chimie le Projet AcAb, font sur un processus dans lequel on étudie la vitesse de la réaction entre le carbonat calcique (marbre) et l'acide chlorhydrique dilué. Même si c'est le deuxième année dans lequel ils ont affaire avec le modèle atomique de la matière, on peut voir que uniquement un petit nombre d'entre eux font des interprétations où on peut trouver des idées sur ce modèle. L'usage des modèles scientifiques dans l'interprétation des processus, comme ce qui est décrit ici, peut aider à la réalisation du changement conceptuel.