

- tifique (orientation biologique) chez des enfants de 6 a 14 ans.* Tesis de doctorado de 3r ciclo. (Universidad de Bordeaux II).
- Lalanne, J., 1985. Le developpement de la pensée scientifique (orientation Biologique) chez les enfants de 6 a 14 ans, *Aster*, 1. (INRP: París).
- Jiménez, M.P., 1989. *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual.* Tesis doctoral. (Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Biológicas).
- Lawson, A.E., 1988. The acquisition of biological knowledge during childhood: Cognitive conflict or tabula rasa?, *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (3), pp. 185-199.
- Mintzes, J., 1984. Naive Theories in biology: childrens' concepts of human body, *School Science and Mathematics*, 84 (7), pp. 548-555.
- Mintzes, J., 1989. The acquisition of biological knowledge during childhood: An alternative conception, *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (9), pp. 823-824.
- Nagy, M.H., 1953. Children's conceptions of some bodily functions, *Journal of Genetics Psychology*, 83, pp. 199-216.
- Paccaud, M., 1991. Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration, *Aster*, 13, pp. 35-59.
- Patel, V.L., Kaufman, D.R. y Mag, S. 1991. Causal explanation of complex physiological concepts by medical students, *International Journal of Science Education*, 13 (2), pp. 171-185.
- Pérez de Eulate, M.L., 1992. *Utilización de los conceptos previos de los alumnos en la enseñanza-aprendizaje de conocimientos en Biología. La nutrición humana: una propuesta de cambio conceptual.* Tesis doctoral. (Facultad de Biología de la Universidad del País Vasco).
- Roncin, M., 1987. Les ideas fausses induites par le schema usuel de la circulation du sang, *Actes JIES*, 9, pp. 231-234, (A. Giordan et L. Martinand: París).
- Russel-Gebbet, J., 1985. Skills and strategies: pupils' approaches to three dimensional problems in Biology, *Journal of Biological Education*, 19 (4), pp. 293-298.
- Schilder, P. y Wechsler, D., 1935. What do children know about the interior of the body?, *International Journal of Psychoanalysis*, 16, pp. 355-360.
- Sauvageot-Skibine, M., 1991. La digestion au college: transformation physique au chimique?, *Aster*, 13, pp. 93-111.

## TESIS DIDÁCTICAS

### CONOCIMIENTO FÍSICO EN LOS PRIMEROS AÑOS DE LA ESCUELA PRIMARIA

*Tesis de maestría (MS)*

Autor: *Maria Elisa Resende Gonçalves*  
 Director: *Anna Maria Pessoa de Carvalho*

Lugar de presentación: *Universidad de São Paulo, Brasil.*

Fecha: *3 de octubre de 1990*

En el presente trabajo tratamos de investigar cómo los alumnos empiezan a construir el conocimiento físico en el aula, dentro del contexto de la enseñanza de ciencias durante los primeros años de la escuela primaria (de 7 a 10 años).

Para esta finalidad utilizamos los principios que la enseñanza de Kamii y de Vries extraen de la teoría piagetiana que describe genéricamente los niveles evolutivos de la acción que el niño puede tener en su relación con los objetos del mundo físico. El primer nivel de la acción del niño corresponde al deseo de conocer los objetos y ver cómo funcionan. En seguida el niño puede realizar algunos efectos deseados. Siguen después las acciones en el sentido de tener la con-

ciencia de cómo los efectos fueron realizados y, por último, las explicaciones de sus causas.

Kamii y de Vries desarrollaron su trabajo creando actividades de conocimiento físico para los niños del nivel preescolar. Las autoras mostraron que los niveles posibles de la acción de estos niños sobre los objetos del mundo físico no alcanzan las explicaciones de las causas de los fenómenos objeto de la investigación.

El constructivismo nos enseña que las nuevas relaciones son construidas por la coordinación de las que fueron establecidas anteriormente, y un nuevo conocimiento es siempre una extensión del conocimiento que ya se posee. Por eso podemos levantar la siguiente cuestión: ¿Si los niños de la escuela preprimaria no consiguen tener la conciencia de cómo un efecto fue realizado y ni siquiera explicar sus causas, éstos no serían pasos que deberían ser buscados por la escuela primaria, dando continuidad al proceso de elaboración del conocimiento físico?

Nuestra propuesta es planear las actividades del conocimiento físico, para los primeros años de la escuela primaria,

que den la oportunidad a los niños de alcanzar las explicaciones casuales.

Nuestra pesquisa consiste, pues, en crear actividades de conocimiento físico que den más claridad sobre el modo cómo los niños construyen su conocimiento relativo a determinados fenómenos.

Empezaremos cada actividad proponiendo un problema que obligue al niño a dedicarse a la búsqueda de una solución.

Las actividades deben incorporar las ideas, la visión del mundo, las habilidades y actitudes que los alumnos poseen. Por esta razón tratamos de estudiar las pesquisas sobre la psicogénesis de los conceptos, que muestran cómo los niños construyen su conocimiento causal sobre los fenómenos físicos, pues son las nociones rudimentarias y espontáneas que ya llevan dentro de sí y que orientaron el desarrollo de las actividades donde los niños tengan la posibilidad de expresarse, dando a nosotros las condiciones de formular las preguntas pertinentes a su realidad.

Teniendo en cuenta el carácter social de la construcción del conocimiento, orga-

nizamos grupos cooperativos y facilitamos el intercambio entre ellos.

Para facilitar el proceso de análisis sobre lo que hicieron e incentivar la libre conversación sobre cómo tomaron conciencia del fenómeno estudiado y su explicación, promovemos discusiones conjuntas, donde todos puedan expresarse y trocar las ideas. Los niños también produjeron pequeños textos y dibujos basándose en la actividad desarrollada.

Decidimos trabajar con el segundo y el tercer año de la escuela primaria (8 y 9 años), porque en esta fase los niños ya tienen algún conocimiento de lectura y escritura.

Fueron creadas y testadas las actividades envolviendo los fenómenos relativos a fluctuación, presión, cantidad de movimiento y sombra.

Las aulas fueron grabadas en vídeo.

Teniendo en cuenta que nuestro objetivo consiste en crear algunas actividades para favorecer la acción del niño en la dirección hacia la búsqueda de explicaciones causales e, incluso, consiguiendo conocer cómo los niños construyen el conocimiento físico en una situación de enseñanza, tratamos de analizar el vídeo procurando observar cómo los niños pasan realmente, en la construcción de su conocimiento, por las etapas preconizadas por Kamii e DeVries y cómo sería su desarrollo en cada una de las etapas.

Fue posible verificar que *de facto* existen niveles diferentes en la acción del niño durante la resolución de un problema a través de la experimentación.

Nuestra hipótesis de que los niños los primeros años de la escuela primaria son capaces de establecer relaciones casuales fue confirmada.

Las actividades que desarrollamos sirven para ser usadas en las escuelas. Es necesaria, entretanto, una preparación sería por parte del profesor para impulsar que sus alumnos hagan y hablen más que él mismo. Estas actividades fueron desarrolladas en base a una concepción constructivista de la enseñanza y del aprendizaje y son diferentes de aquellas que generalmente son encontradas en los libros didácticos, cuyo énfasis está presente en la observación y descripción de los fenómenos.

Nuestro trabajo sirve para enfatizar la importancia de las acciones de los niños sobre los objetos del mundo físico y de sus observaciones en las reacciones de estos objetos con la intención de organizar juntos este conocimiento.

## EL DESARROLLO CONCEPTUAL DEL SISTEMA NERVIOSO EN NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS. MODELOS MENTALES

*Tesis doctoral*

Autora: *Teresa Serrano Gishert*

Director: *Arturo de la Orden*

Tutor: *Jon Ogborn (Instituto de Educación, Universidad de Londres)*

Lugar: *Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación de la Universidad Complutense, Madrid*

Fecha: *Julio de 1992*

### Contexto de trabajo

El estudio se centra en la línea de investigación que indaga la construcción de los conocimientos biológicos durante la escolaridad obligatoria. Los aspectos relativos al interior del cuerpo humano, y en particular al sistema nervioso, constituyen los campos conceptuales tratados en la investigación. El desarrollo del pensamiento intuitivo o de sentido común y la influencia de la instrucción en los cambios conceptuales son los enfoques desde los que se aborda el trabajo.

El amplio elenco de investigaciones sobre los «marcos alternativos» desarrollados por los sujetos, en relación sobre todo con aspectos de la física, pone de manifiesto que las experiencias sensoriales de la vida cotidiana y, el uso y refuerzo del lenguaje común son las causas más frecuentes de la existencia y persistencia de dichos «marcos», siendo la comunalidad de la experiencia sensorial la responsable de las similitudes encontradas en las ideas espontáneas del alumnado de países muy distantes espacial y culturalmente. Desde la perspectiva del pensamiento biológico, estos supuestos nos planteaban algunos interrogantes, debido a que gran parte de los fenómenos que se estudian en biología no constituyen experiencias sensoriales directas. ¿Se desarrolla, a pesar de todo, un tipo de pensamiento con las características de los «marcos alternativos» descritos en física? Si es así, ¿serán más fácilmente desplazables por la instrucción debido a la falta de base perceptiva? Por otro lado, se ha puesto en duda que los primeros conocimientos biológicos de los niños se adquieran y evolucionen por vía de marcos alternativos y cambio conceptual (Lawson 1988).

En el campo de la biología el tema del sistema nervioso, su estructura y funcionamiento, resulta de difícil comprensión para los alumnos, y es poco «popular» entre los profesores. Nos interesó además este campo conceptual por poseer unas características interesantes para in-

dagar las cuestiones anteriormente planteadas. Este sistema:

a) no se relaciona con experiencias sensoriales cotidianas de modo directo;

b) no está presente en el lenguaje y la cultura cotidiana en la medida que lo están aspectos relativos a otros sistemas corporales;

c) la mayor parte de la información sobre este sistema se adquiere, probablemente, por la instrucción escolar.

Además de los aspectos descriptivos de las ideas de los alumnos/as se pretendía poner de manifiesto un aspecto poco tratado en otras investigaciones. Nos referimos al *análisis de la coherencia interna y de la consistencia de los sujetos en el uso del pensamiento espontáneo*. Para abordar este análisis se necesitaba un enfoque que permitiera el análisis de las características del pensamiento de sentido común en sí mismo. En trabajos provenientes de la *ciencia cognitiva* encontramos un potente instrumento para este tipo de análisis: son los denominados *modelos mentales*, constructo que trata de dar cuenta de la estructura y dinámica del pensamiento espontáneo de los sujetos sin compararlo necesariamente con teorías externas al mismo (Johnson-Laird 1983, Stevens y Gentner 1983).

El análisis del pensamiento de los alumnos desde la perspectiva de los modelos mentales es interesante desde el punto de vista de la instrucción como cambio conceptual. Para incidir en el cambio de concepciones espontáneas en una determinada dirección, es importante tener datos no sólo de las discrepancias entre el contenido del pensamiento del alumno y el científico, sino de la estructura y dinámica del pensamiento que posee éste que es el objeto de cambio; esto nos lo proporcionan los modelos mentales, al indagar la coherencia interna del pensamiento intuitivo, estrechamente relacionada con la resistencia al cambio de los «marcos alternativos».

### Finalidad y estructura de la investigación

El trabajo tiene como finalidad *describir la génesis y evolución de los conocimientos de los alumnos/as relativos al sistema nervioso humano, desde preescolar hasta los 14 años*. Esta descripción se encuadra en el marco de los conocimientos sobre el cuerpo humano que los sujetos poseen, y tiene en cuenta tanto el inicio de la instrucción formal sobre el interior del cuerpo humano (3º de EGB, 8 años) como el momento de la instrucción formal sobre el sistema nervioso (8º de EGB, 14 años). A esta finalidad se le

dio una forma más operativa para guiar el diseño de la investigación, desarrollando una serie de objetivos a cubrir y delimitando en cada uno de ellos unas cuestiones centrales a las que el trabajo debería dar respuesta.

Para cubrir los objetivos se realizan dos estudios independientes de carácter longitudinal y un análisis conjunto de los resultados de ambos. El *primer estudio* se realiza con un grupo de 23 preescolares de un centro, el cual se vuelve a retomar cuando están en 3º de EGB. Este estudio nos proporciona lo que denominamos primera evolución de los conocimientos infantiles sobre el cuerpo humano. El *segundo estudio* se lleva a cabo con un grupo de 60 alumnos de 7º de EGB de dos centros diferentes, a los que se sigue hasta finales de 8º. Este estudio se orienta a indagar la influencia de la instrucción en las ideas de los alumnos.

La *recogida de datos* se lleva a cabo a través de «entrevistas sobre situaciones y sobre ejemplos» en lo que a los alumnos se refiere. Las profesoras de 8º fueron también entrevistadas. Los materiales didácticos sobre el sistema nervioso utilizados por los alumnos se analizaron en términos del modelo conceptual propuesto en la instrucción. Se realiza también el análisis de las producciones de los alumnos (cuadernos de trabajo y evaluaciones) relativas al sistema nervioso.

El *método de análisis* utilizado para las entrevistas es el denominado «redes sistémicas» (Bliss et al. 1983). Se lleva a cabo un primer análisis de grupo de la muestra de cada uno de los dos estudios, y un segundo análisis de cada sujeto.

**Principales resultados y conclusiones**

*A. Las ideas sobre el interior del cuerpo y su funcionamiento*

- En los niños pequeños:
  - Se aportan nuevos datos sobre los niños de 5 a 9 años referidos a sus concepciones del interior del cuerpo, algunos de los cuales difieren de los de estudios anteriores que fueron realizados hace muchos años y, en su mayoría, con niños hospitalizados.
  - Los datos obtenidos no parecen confirmar la afirmación de Carey (1985) de que los niños de estas edades expliquen el funcionamiento del cuerpo en términos de causalidad intencional.
  - Los conocimientos de los niños no parecen ser, como se ha afirmado (Lawson 1988), el resultado de una repetición mecánica de aprendizajes autoritarios. Este estudio señala que los conoci-

tos de los niños parecen provenir de tres fuentes: a) su experiencia cotidiana de aspectos parciales de actividades corporales internas; b) la manipulación investigadora de su cuerpo; y c) la transmisión social implícita o indirecta. A partir de 3º de EGB se cuenta además con la información vía instrucción.

- En los preadolescentes:
  - Se ponen de manifiesto la existencia de «ideas alternativas» similares a las descritas en la literatura para estas edades.

*B. Las ideas sobre el sistema nervioso*

- En los niños:
  - Hasta los 8-9 años no aparece la noción implícita de «sistema» como elemento relacionado para una función determinada. El cerebro es un elemento que aparece desde muy temprana edad, como un órgano aislado con función intelectualista, que se amplía a otras funciones cognitivas con la edad.
  - Los nervios no existen como entidad material hasta los 8-9 años, y en muy escaso porcentaje.
  - El origen de estos conocimientos parece ser la transmisión social reforzada por el lenguaje común, y los cambios en las ideas de los niños de preescolar a tercero nos permiten sugerir la hipótesis de que otros conocimientos adquiridos sobre el cuerpo sirvan de referentes analógicos para conceptualizar los elementos del nervioso.

- En los preadolescentes:
  - Antes de la instrucción, las ideas de los alumnos sobre este sistema son más parciales que erróneas. Existen al menos tres versiones diferentes de sistema nervioso en la muestra.
  - Tras la instrucción hay muy poca variación en las ideas de los alumnos; las más señaladas son diferenciaciones morfológicas que sólo son funcionales en las ideas de un 20%.
  - Los datos relativos a las ideas de los alumnos/as sobre este sistema, antes y después de la instrucción, parecen indicar que el origen de estos conocimientos es la transmisión social (indirecta primero e intencional después). Pero estos mismos datos nos permiten formular la hipótesis de que las ideas sobre el sistema nervioso sean reestructuradas por un mecanismo de pensamiento analógico, basada en una generalización implícita del funcionamiento de otros sistemas corporales.

*C. Interpretación desde los modelos mentales*

- Las ideas de los sujetos sobre el sistema nervioso se pueden interpretar considerando que conforman modelos mentales definidos. Los modelos mentales se definen como estructuras mentales con consistencia y coherencia interna para el sujeto, que guían las explicaciones del sistema y las predicciones de su comportamiento en nuevas situaciones.
- No todas las ideas de los sujetos sobre el cerebro y los nervios son constituyentes de los modelos mentales; las que parecen constituirlos son: a) la topología atribuida al sistema, b) la función general asignada al mismo, y c) los mecanismos de ejecución por los que el sistema nervioso actúa en situaciones concretas.
- No existen modelos de «sistema» nervioso en los niños de 5 a 9 años; sin embargo a partir de los 9 años se han podido describir tres modelos mentales sobre el cerebro.

- En los alumnos de 7º-8º se han descrito cinco modelos mentales sobre el sistema nervioso antes de la instrucción y otros cinco tras la misma. Cuatro de estos modelos son coincidentes, si bien algunos sujetos cambian de modelo.

- La desigual distribución de los modelos en la muestra se puede interpretar considerando la existencia de factores que limitan la construcción de dichos modelos. Entre estos factores destacamos: las creencias sobre el interior del cuerpo y el uso de un razonamiento analógico basado en una generalización implícita del funcionamiento de otros sistemas corporales.

En los trabajos descriptivos, las hipótesis aparecen como resultado, más que como punto de partida. En este caso, las conclusiones, sobre todo las relativas a los modelos mentales y el pensamiento analógico, son las que nos permiten generar hipótesis de partida para nuevos estudios de profundización.

*D. Implicaciones didácticas*

- El modelo conceptual de sistema nervioso propuesto por la instrucción es complejo y plantea una serie de ambigüedades. Del análisis de las producciones escolares de los alumnos y de las entrevistas postinstrucción no se puede concluir que el modelo propuesto por la instrucción fuera asimilado por los alumnos.
- Los modelos conceptuales a proponer en el aprendizaje de los alumnos deberían tener en cuenta tanto los modelos mentales que sobre el sistema nervioso tienen los alumnos como sus conoci-

mientos relativos a otros sistemas corporales estudiados con anterioridad.

• Las actividades para el aprendizaje del sistema nervioso deberían poseer un nivel de requerimiento cognitivo mayor que el simple recuerdo, que es el que poseen las actividades que se les propusieron a estos alumnos. Un nivel mayor facilitaría tanto la reestructuración de las ideas espontáneas que poseen como nuevos aprendizajes sobre este sistema.

Contestando de modo muy resumido a las cuestiones planteadas al inicio, queremos apuntar unos aspectos cuya matización requeriría mayor espacio. El «cambio conceptual» que se analiza en este trabajo no es un cambio planificado en una dirección (la instrucción debería haber cubierto este aspecto), pero la evolución del pensamiento espontáneo de los alumnos referida al sistema nervioso nos indica a este respecto:

– Los modelos mentales nos resultan un constructo más útil para acercarnos a la construcción del conocimiento biológico que las «teorías» alternativas que caracterizan muchas descripciones del pensamiento físico.

– Los modelos descritos no están ligados directamente a experiencias sensoriales, sino que parecen desarrollarse a partir de un proceso de pensamiento analógico ya señalado.

– El tipo de cambio requerido para conformar estos modelos con los científicos –que habría que plantear en el contexto más amplio del funcionamiento corporal– no parece ser de reestructuración fuerte, al cual los estudios sobre el pensamiento físico suelen reducir el término de cambio conceptual.

– La escasa variación de los modelos sobre el sistema nervioso tras la instrucción no creemos que sea debida exclusivamente a un problema de gran resistencia al cambio, sino también de enfoque didáctico y metodológico.

– Plantearíamos la hipótesis de que las estrategias de aprendizaje encaminadas a provocar un conflicto conceptual consciente en los alumnos no sean las adecuadas en este contexto.

**Referencias bibliográficas**

Bliss, J., Monk, M. y Ogborn, J., 1983. *Qualitative data analysis for educational research. A guide to users of systemic networks.* (Croom Helm: Londres).

Carey, S., 1985. *Conceptual change in childhood.* (MIT Press: Londres).

Johnson-Laird, P.N., 1983. *Mental Models.* (Cambridge University Press: Cambridge).

Lawson, A., 1988., The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabularasa, *Journal of Research in Science Teaching*, 22(7), pp. 569-618.

Stevens, A. y Genter, D., (eds.), 1983. *Mental Models.* (LEA: Londres).

**ESTUDIO DE LOS CONSTRUCTOS DE LOS ALUMNOS Y ANÁLISIS SECUENCIAL DE LIBROS DE TEXTO EN LOS NIVELES DE BUP Y COU EN RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA Y ENLACE QUÍMICO**

*Tesis doctoral*

Autor: José María de Posada Aparicio  
Directores: Dr. D.M. López Melero (Departamento de Didáctica u Organización Escolar) y Dr. D.F.J. Ramírez Aguilar (Departamento de Química-Física)

Lugar: Departamento de Didáctica y Organización Escolar. Universidad de Málaga

Fecha: Enero de 1993

Este trabajo parte de presupuestos teóricos que podríamos dividir en tres subsistemas: psicológico, epistemológico y metodológico. Hemos desarrollado nuestra investigación dentro del constructivismo, más concretamente en las concepciones de los alumnos. Podemos reconocer las siguientes características en las representaciones de los sujetos:

a) La concepción se corresponde con una estructura subyacente (Giordan y de Vecchi 1988).

b) La concepción es un modelo explicativo (Giordan y de Vecchi 1988).

c) Las concepciones tienen una génesis al mismo tiempo individual y social (Giordan y de Vecchi 1988).

d) Estas concepciones se presentan asociadas a una metodología, denominada de la superficialidad (Gil y Carrascosa 1985).

e) Se ha encontrado paralelismo entre la evolución de determinados conceptos en la historia de la ciencia y las ideas que los

alumnos mantienen sobre ellas en su propio desarrollo cognitivo (Furió y Hernández 1987).

Las diversas teorías atómicas y moleculares han tenido un importante papel en el rápido desarrollo de toda la química. Esta tesis es mantenida por numerosos investigadores (Allinger et al. 1979, entre otros). La noción de enlace químico es esencial; podría ser catalogada como «concepto estructurante» (Gagliardi y Giordan 1986). Según dichos autores, estos conceptos deben formar parte del currículo. Esta idea, de alguna forma, ha estado presente en la confección de los currículos de química en todo el mundo. La enseñanza de conceptos conectados con la estructura atómica y molecular aumentó en las últimas décadas. Sin embargo, no está exenta de fuertes críticas en el modo en que se imparte en la actualidad. Nuestro tercer subsistema se caracteriza por seguir una metodología preferentemente etnográfica, cumpliendo, a nuestro juicio, los criterios de científicidad: credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad (Guba 1983).

**Objetivos y pretensiones**

Nos interesa conocer los siguientes aspectos en relación con el currículo de bachillerato y COU:

– Qué papel juega el enlace en la química.

– Qué posición ocupa la teoría científica y los hechos experimentales en el discurso didáctico.

– Qué uso se hace de la Historia de las Ciencias.

– Qué conceptos son impartidos en los diferentes niveles sobre el tema en cuestión.

– Cómo son introducidos.

– Qué visión se transmite.

Y en relación con los constructos de los alumnos:

– Qué concepciones tienen sobre este tema antes de ser introducido en el Bachillerato.

– Cómo interiorizan los conceptos impartidos.

– De qué forma se modifican a lo largo de los tres cursos escolares.

– Cómo interfieren los nuevos conocimientos con los previamente existentes.

- Cómo se organizan los diferentes conceptos en la mente de los estudiantes.

- Qué conceptos son difícilmente asimilables y qué causas existen para ello.

- Qué papel juegan las teorías científicas en la resolución de un problema.

### Procedimiento de trabajo

Para contestar al primer grupo de cuestiones planteadas, decidimos realizar un análisis de contenido de libros de texto. El muestreo fue de tipo intencional. En su composición entraron: textos tradicionales, constructivistas y dentro de éstos los denominados programas-guías. Quince textos fueron de 2º de BUP, ocho de 3º de BUP y seis de COU. Y para dar esta respuesta al segundo grupo de cuestiones planteadas elegimos ocho centros, de los cuales tres utilizaban programas-guías en sus clases de física y química los otros cinco utilizaban una metodología tradicional. Fueron encuestados un total de 1.036 alumnos.

Confeccionamos un cuestionario para textos con 82 ítems, divididos de la siguiente forma: 13 trataban sobre aspectos introductorios, 13 sobre el enlace iónico, 27 relacionados con el enlace covalente, 11 sobre el enlace metálico, 13 vinculados con el enlace de Van der Waals y enlace de hidrógeno, y 5 sobre aspectos contextuales y finales. El cuestionario contenía unidades de registro, de contexto y de enumeración. A éstas agregamos unidades totalmente abiertas para poder recoger todas aquellas singularidades de los textos. Los cuestionarios para alumnos fueron confeccionados siguiendo un protocolo. Primero construimos un mapa conceptual (Novak y Gowin 1988) en el que se relacionaban las estructuras: atómica, interatómica, agregados y cada uno de ellos con el mundo macroscópico. Del mapa conceptual extrajimos 41 frases que verbalizaban las relaciones entre los distintos conceptos. Todas fueron tenidas en cuenta en la confección de las cuestiones. Éstas fueron totalmente abiertas contando con apartados de escritura y dibujo libres. Después de un pretest quedaron reducidas a 20 y fueron agrupadas de dos en dos de acuerdo a criterios preestablecidos. Cada alumno sólo completó un modelo de los diez construidos, que le llevó un máximo de 50 minutos. Hemos utilizado otras técnicas complementarias para confirmar cualitativamente los resultados obtenidos (triangulación metodológica).

Propusimos a los alumnos la confección de un mapa conceptual. Realizamos también un total de 17 entrevistas no estructuradas, flexibles, dinámicas y abiertas

(Novak y Gowin 1988). Llevamos a cabo grabaciones de situaciones de clase en un contexto de enseñanza constructivista, con dinámica activa y uso de programas-guías, con un total de 15 horas de grabación.

### Conclusiones y comentarios finales

#### *En relación con el análisis de textos*

El tema de enlace químico recibe un tratamiento relevante en los textos de BUP y COU. La localización, siempre al principio de la Química, y la extensión dispensada confirman este hecho. La mayor parte de los textos intentan justificar la utilización de teorías atómico-moleculares, pero muy pocos enlazan con los esquemas conceptuales que los alumnos tienen. No se abordan apenas aspectos históricos de la teoría de enlace. El potencial que se podría desarrollar en el proceso enseñanza-aprendizaje como superador de obstáculos epistemológicos queda sin explotar. No es transmitida una visión unificada de la teoría de enlace químico, por el contrario, los conocimientos son fraccionados y compartimentados. Se transmite una imagen básicamente corpuscular del electrón en todos los niveles. El enlace metálico es introducido generalmente como si fuera una definición. Se exponen sus características sin relacionarlas a hechos concretos que conozcan bien los alumnos. Rara vez es conocido que se trata de un modelo teórico. Algunos argumentos constituyen metáforas procedentes del mundo macroscópico, que pueden inducir en los alumnos la idea de que esta vía es correcta. La posición que el enlace tiene dentro de la química no es suficientemente explotada. Las relaciones establecidas entre el enlace y el resto de la química son realmente infrecuentes. El estudio de las propiedades físicas de las sustancias relacionadas con el enlace es importante para todos los textos analizados. Unos las justifican y otros sólo las exponen. Lejos de mostrar una gradación de las mismas, en general son adjudicadas propiedades muy específicas y estereotipadas a estos tipos de sustancias.

#### *En relación con los esquemas de los alumnos*

Los estudiantes de 2º de BUP (15 años) distinguen entre sustancias sólidas, líquidas y gaseosas al utilizar una concepción atómica o continua. Este hecho no debía sorprendernos, ya que en la historia de la química ocurrió algo parecido. La molécula es considerada como un conjunto de átomos o iones unidos entre sí. Son bastantes los que creen que existen moléculas en sustancias iónicas sólidas y fundidas, así como en metales fundidos y

gaseosos, y compuestos iónicos disueltos. Son pocos los que tienen asumido el concepto ion y aún menos los que lo utilizan de forma espontánea. Suelen eludir entrar en detalles sobre la naturaleza del enlace covalente. Sólo tras algunas presiones y tan sólo en unos pocos casos, llegan a considerar factores electromagnéticos. Tienen grandes dificultades para representar la estructura interna de una sustancia a partir de su fórmula en casos sencillos. La ausencia de la más mínima diferencia aparente entre las fórmulas de sustancias iónicas y moleculares junto con los significados de los subíndices diferentes si se encuentran colocados en las fórmulas de elementos, compuestos moleculares o iónicos, dificulta la labor de aprendizaje. Los estudiantes opinan que hay fuerzas atractivas entre los iones de diferente signo. Sin embargo, hay quien niega la existencia de fuerzas repulsivas. La imagen de estabilidad que consigue transmitir la red cristalina les hace considerar únicamente fuerzas atractivas. Es muy poco frecuente que los alumnos, antes de ser impartido el tema de enlace químico en 2º de BUP, relacionen de forma espontánea propiedades físicas con el mundo atómico. Los conocimientos que tienen a este nivel sobre la estructura atómico-molecular no les sirven para pronosticar el comportamiento de las sustancias. Las fuerzas intermoleculares no han sido suficientemente interiorizadas en los niveles estudiados. Los estudiantes de 2º de BUP hacen propuestas con una relación completamente directa entre práctica y pensamiento para averiguar el tipo de enlace químico que tiene una sustancia problema. Ya los alumnos de 3º de BUP y COU proponen experiencias indirectas.

### Comparación de ambas fuentes

Se consigue convencer, a través de todo el currículo de química de 2º de BUP, a la mayor parte de los alumnos para que desechen su concepción continua de la materia y adopten la atómica. Sin embargo, el concepto de ion no es utilizado por la mayoría de los estudiantes. Sin él, creen conseguir explicar adecuadamente numerosos fenómenos físicos y químicos. Los textos suelen exponer las diferentes formas de representar las moléculas y los iones más sencillos y típicos. Se cree que por simple inducción los alumnos van a ser capaces de captar el significado completo de estructuras más complejas. El sentido dado a coeficientes estequiométricos, subíndices, superíndices y la combinación de éstos, en muchos casos es completamente diferente al adoptado. El estudio que realizan los textos consigue reforzar la unidad discreta frente a los agregados. Hemos detectado serios problemas en los alumnos en este sentido.

## Referencias bibliográficas

- Allinguer, N.L. et al., 1979. *Química Orgánica*. (Reverté: Barcelona).
- Furió, C. y Hernández, J., 1987. Parallels between Adolescents Conceptions of Gases and the History of Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 64 (7), pp. 616-618.
- Gagliardi, R. y Giordan, A., 1986. La historia de las ciencias: una herra-

mienta para la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), pp. 253-258.

Gil, D. y Carrascosa, J., 1985. Science Learning as a conceptual and methodological change, *European Journal of Science Education*, 7 (3), pp. 231-236.

Giordan, A. y de Vecchi, G., 1988. *El origen del saber*. (Díada: Sevilla).

Guba, E., 1983. Criterios de credibilidad en la investigación naturalista, en

Gimeno Sacristán, J. y Pérez Gómez, A.I. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. (Akal: Madrid).

Novak, J.D. y Gowin, D.B., 1988. *Aprendiendo a aprender*. (Martínez Roca, SA: Barcelona).

## RESEÑAS DE CONGRESOS

## CONFERENCIA SOBRE ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA

*Martín Sánchez, M.T., IB Fernando Rojas, Colombia, 42, 37003 Salamanca.*  
*Martín Sánchez, M., EU Pablo Montesi-no, Santísima Trinidad, 37, 28010 Madrid.*

Entre los días 16 y 21 de julio de 1993 se celebró en la Universidad Minho de Braga (Portugal) una reunión sobre enseñanza de la física organizada por el GIREP (Groupe Internationale de Research de l'Enseignement de la Physique) sobre el tema «Luz e información» y con la asistencia de un centenar de profesores de distintas nacionalidades, predominando portugueses, polacos e italianos.

Como viene sucediendo en este tipo de reuniones, las actividades fueron conferencias, comunicaciones, trabajo en grupos y posters.

Las conferencias se podrían agrupar en torno a los siguientes temas:

1. Luz y materia
2. Historia de la óptica
3. Temas de actualidad relacionados con óptica
4. Enseñanza de la óptica

En el primer grupo incluiríamos las conferencias primera y última del congreso, de los profesores Marx, de la Universidad Eötvös de Budapest (presidente del GIREP), y Plufj, de la Universidad de

Dortmund de Alemania, que trataron sobre la luz y el origen del universo así como de las moléculas claves en el origen de la vida. La conferencia de la profesora Silvia Costa, del Centro de Química Estructural de Lisboa versó sobre la fotosíntesis y fue abordada desde la interacción luz-clorofila. El profesor Brian Davis, del Instituto de Física de Londres, hizo un interesante estudio de la influencia de la luz en la pintura, teniendo presente que el espesor de la capa de pintura y la propia textura por problemas de absorción y reflexión pueden cambiar el resultado final de un cuadro. Desde esta perspectiva hizo un análisis de ejemplos concretos de cuadros conocidos, desde el Renacimiento al Impresionismo, llegando a la conclusión de que los físicos podían aprender mucho a partir de los cuadros de pintura, pero también de que los restauradores de cuadros, directores y conservadores de museos podían aprender de los físicos.

Antonio Moreno, de la Universidad Complutense de Madrid, dio una conferencia sobre «Historia de la Óptica» tomando como puntos claves: la luz como mensaje de las estrellas, la luz como radiación electromagnética, la luz como una enigmática sustancia y la luz que nos permite ver.

Sobre temas actuales intervinieron Derrando, del Centro de Física Teórica de Trieste, y Fork, del Instituto Politécnico Rensselaer de Nueva York. El primero se refirió a la propagación de los solitones en las fibras ópticas. Comenzó comparando un solitón con la onda que se produce cuando un barco está navegando en un canal y se para de repente, esta onda viaja bastante tiempo a lo largo del canal. Habló de la importancia de los solitones

para propagar mensajes a través de fibras ópticas apropiadas capaces de transmitir con una dispersión y atenuación mínimas, dopadas con amplificadores cada treinta kilómetros y sin necesidad de repetidores, con lo que se esperaba llegar en 1993 a transmitir 10 Gbit/s a 20.000 Km de distancia cuando en 1991 sólo se transmitían 2,4 Gbit/s a 12.000 Km. Hizo un curioso experimento transmitiendo la luz de un LED rojo intermitente a través de una fibra óptica. Insistió en la importancia que tenía en enseñanza la conexión entre física teórica y tecnología.

Fork habló sobre los pulsos ultracortos de luz de duración de femtosegundos cuya modulación se estaba estudiando para utilizarlos como transmisores de información. Al introducir un pulso en una fibra óptica se dispersa como si fuera un prisma o una rejilla, fenómeno que estamos acostumbrados a ver en las lámparas y linternas de fibra óptica; pero, lo mismo que un primer prisma dispersa la luz blanca y un segundo prisma la vuelve a componer, se pensó que, mediante prismas y rejillas utilizados de forma adecuada, se podía conseguir que no hubiera dispersión. De esta forma, con cuatro prismas y cuatro rejillas de difracción combinados, se han conseguido pulsos ultracortos que se muevan en la fibra sin dispersión. Según el defasaje entre estos pulsos, hay entre ellos atracción o repulsión, dando lugar en el primer caso a una suma de pulsos que podría ser útil para conseguir una modulación que permitiera transmitir información. Los filtros para eliminar ruidos se pueden hacer con cambios sobre la propia fibra. Considera que es importante para enseñar estos temas de forma elemental buscar un modelo mecánico de comportamiento similar, pero, de momento, no conoce a nadie que