

## EXPERIENCIAS DE AULA

**EL TRABAJO DE LABORATORIO CON GUÍAS ESTRUCTURADAS Y SU RELACIÓN CON EL APRENDIZAJE EN CIENCIAS NATURALES**

*Santelices, L., Astroza, V. y de la Fuente, R., Universidad Católica de Chile.*

Numerosos estudios han comparado el efecto de métodos de trabajo práctico en el laboratorio con otros métodos instruccionales. En estas comparaciones se descubrió que existen relaciones entre trabajo de laboratorio y comprensión de conceptos científicos (Bates 1978), creatividad y habilidades de resolución de problemas.

Por otra parte, existen antecedentes para postular que el trabajo cooperativo requerido por las actividades de laboratorio promueven la interacción social que estimula la clarificación de metas y el desajuste cognoscitivo necesarios para promover el desarrollo cualitativo de las estructuras de pensamiento del niño (Santelices 1992). Además del trabajo cooperativo, se encuentra muy vinculado al laboratorio el uso de manuales o guías de trabajo práctico para orientar las acciones del alumno. Estudios realizados en este aspecto señalan que este medio tiene efectos en los productos del aprendizaje (Hofstein y Lunetta 1982). Los mismos varían en función del lenguaje, ubicación espacio-temporal de los elementos y tipos de preguntas del cuerpo del documento (Feurstein 1980, Santelices 1987). Se conoce que variables como estructura sintáctica, vocabulario y esquemas conceptuales del alumno pueden entorpecer el proceso de comprensión de las instrucciones (Britton 1982, Santelices 1990). De lo anterior es posible deducir que, al diseñar una guía de trabajo, las instrucciones, comentarios y otros textos deben ser cuidadosamente estructurados escogiendo un tema acerca del cual los alumnos tengan esquemas mentales, un vocabulario conocido, construcción de frases u oraciones sin formas verbales en pasivo, ni sujetos tácitos, ni palabras polisilábicas (Santelices 1990), porque cada uno de estos aspectos puede ser un obstáculo para que el alumno acceda al significado y logre resolver el problema planteado (Gamble 1986). Feurstein (1980) señala además, que la selección y planificación de los estímulos es una forma de mediación para contribuir al desarrollo mental del alumno. Desde esta perspectiva, al dise-

ñar una guía de trabajo para el laboratorio, no sería lo mismo iniciar el trabajo con un texto que explique teóricamente un contenido, que iniciarlo con actividades que causen asombro y permitan al niño un acercamiento significativo y, por lo mismo, con sentido para él. El planteamiento teórico podría no constituir un real estímulo porque no siempre su lenguaje es de fácil acceso para la comprensión del niño (Santelices 1990) y, por ello, podría no provocar el desequilibrio cognoscitivo indispensable para iniciar el aprendizaje.

Se ha postulado que las preguntas son un eficiente recurso para estimular el pensamiento (Falkoff 1984, Santelices 1987). Sin embargo, la ubicación de las mismas y su complejidad también deberían ser contempladas al momento de seleccionar estímulos para desarrollar sistemas relacionales e interacciones sociales en una guía de laboratorio.

Utilizando la clasificación propuesta por Lucille Falkoff (1984), se pueden señalar cuatro tipos de preguntas. De menor a mayor complejidad, serían: preguntas de recuerdo de información, preguntas interpretativas, preguntas evaluativas y preguntas creativas. Tanto las preguntas evaluativas como las creativas exigen del niño un esfuerzo de producción de pensamiento mayor y, por lo mismo, en cursos de niños pequeños es conveniente no incluirlas en guías de laboratorio, sino sólo usarlas en la interacción oral, sobre todo para estimular conductas comparativas ya que ayudarán al niño a recordar. Para alumnos mayores sí deberán estar incorporadas a las guías.

En función de los antecedentes presentados, pareció importante, utilizando un diseño experimental, realizar una experiencia de aula cuyo objetivo fue comprobar el efecto de una estrategia instruccional, implementada con guías de laboratorio estructuradas, en el aprendizaje conceptual y de procesos científicos en niños de enseñanza general básica.

En este artículo se presentan los resultados logrados en esta experiencia.

**Metodología**

Se utilizó un diseño experimental de tipo pretest con grupos experimental y control. Para ello, se seleccionó una muestra

intencionada de dos cursos de 8 años de enseñanza general básica. Con el fin de controlar las variables externas se escogieron los grupos control y experimental en forma aleatoria.

Aplicado el pretest en ambos cursos, el grupo control fue sometido a una estrategia metodológica tradicional en la que predominó la clase expositiva. El profesor planteó preguntas a los alumnos y éstos respondían. Además mostró materiales concretos con la correspondiente manipulación por parte de los estudiantes.

Al grupo experimental, se le sometió a una estrategia instruccional de laboratorio apoyada por guías de laboratorio estructuradas, que respetaron la siguiente secuencia: un problema inicial para provocar el desequilibrio socio-cognoscitivo, objetivos, materiales y actividades que incluyeron con precisión y paso a paso cada instrucción necesaria para conducir al niño a través de ellas.

Además incorporó preguntas de recuerdo de información, de interpretación, evaluativas y creativas.

Las estrategias seleccionadas, fueron aplicadas por el mismo docente, en número igual de horas pedagógicas en ambos grupos. El objetivo que se pretendía alcanzar fue: distinguir entre observaciones e interpretaciones relacionadas con la biocenosis de un ecosistema intermareal. Interesaba entonces lograr mejoría en procesos científicos y además en comprensión de la biocenosis, por lo cual se evalúa el nivel de desarrollo del proceso científico de los alumnos y también su grado de conocimiento respecto del contenido.

**Resultados**

Los resultados procedentes de la aplicación del pretest indicaron que tanto el grupo experimental como el grupo control presentaban un bajo promedio de logro de los objetivos que se deseaba alcanzar mediante el proceso de instrucción.

Los resultados procedentes de la aplicación del postest señalan que tanto el grupo control como el grupo experimental, incrementan en promedio los objetivos logrados. En el grupo control se produce

una ganancia desde aproximadamente 1,12 a 3,09, y en el experimental desde 2,2 a 4,33 (Tabla I), con respecto al logro de contenidos.

Tabla I

Promedio de objetivos logrados por ambos grupos en el test.

	Control	Experimental
X	3,09	4,33
	1,35	0,97
%	61,8	86,6

Tabla II

Porcentaje de alumnos que logran los objetivos procesales en el pretest y el postest en ambos grupos.

Objetivo procesal	Pretest		Postest	
	Control	Experimental	Control	Experimental
V	12,9	43,3	70,96	90

En relación con el desarrollo del proceso científico se observó un incremento de los niveles del proceso científico trabajado. Los resultados se resumen en tabla II.

### Conclusiones

La estrategia instruccional implementada con una guía de laboratorio estructurada

- incrementa significativamente el número de objetivos logrados, mejorando el nivel de calificaciones obtenidas por los alumnos;

- favorece la homogeneidad de los resultados de aprendizaje, lo que se observa a través de la disminución en los valores de dispersión que obtiene el grupo experimental respecto al grupo control;

- mejora el logro de objetivos relacionados con los procesos científicos, favoreciendo el desarrollo de estas habilidades en un mayor número de alumnos; y

- obtiene una opinión favorable de los alumnos sometidos al proceso de enseñanza-aprendizaje.

### Referencias bibliográficas

Bates, G.R., 1978. The role of the laboratory in secondary school science programs, en M.B. Rowe (ed.), *What research says to the science teacher*, Vol. 1, (National Science Teachers Association: Washington, D.C.).

Britton, B., Glynn, S., Meyer, B. y Penland, M., 1982. Effects of text structure on use of cognitive capacity during reading, *Journal of Educational Psychology*, 74, pp. 51-61.

Falcoff, L. y Mos, J., 1984. When teacher tackle thinking skills, *Educational Leadership*, noviembre, pp. 4-7.

dad Católica de Chile, Vol. 12, pp. 151-155.

Santelices, L., 1987. La pregunta del docente, *Revista Anales*, Facultad de Educación, P. Universidad Católica de Chile, pp. 59-62.

Santelices, L., 1990. La comprensión de lectura en textos de Ciencias Naturales, *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 59-64.

Van Dijk y Kintsch, W. 1989. *Strategies of discourse comprehension*. (Academic Press: New York).

### ALTERNATIVAS EXPERIMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE FOTOSÍNTESIS

Gallegos Cázares, L. y Jerezano Silis, M. E. Departamento de Enseñanza Experimental de las Ciencias, Centro de Instrumentos, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Centro de Instrumentos, Circuito Exterior, Apdo. Postal 70-186, Delegación Coyoacán C.P. 04510 México D.F.

### Introducción

En la enseñanza de la Biología, el concepto de fotosíntesis ha suscitado gran cantidad de trabajos sobre las concepciones de los niños y sus orígenes (Griffiths y Grant 1985, Barker y Carr 1989, Johnstone y Mahmoud 1980, por citar algunos autores). Estas investigaciones sugieren que el concepto de fotosíntesis parece haberse construido de una manera parcial más que como un conocimiento integrado. (Anderson et al. 1990).

En este trabajo se hace una propuesta de actividades a realizar en el aula. Se pretende que los niños puedan establecer relaciones entre dos requerimientos de la función fotosintética: la luz y la clorofila, de manera que permita a los estudiantes la integración de sus funciones en «bloques» de conocimiento.

### Metodología

Se trabajó con un grupo de 21 alumnos de cuarto grado de primaria (9-11 años) de una escuela privada mixta. La fase de experimentación se realizó en tres sesiones de 45 minutos cada una, con un intervalo de quince días. Este trabajo fue complementario a las clases de ciencias naturales. Los conceptos enseñados en el salón de clases de forma verbal (tradicional) fueron:

Feuerstein, R., 1980. *Instrumental enrichment. An intervention program for cognitive modifiability*. (Scott Foresman and Company: Illinois).

Gamble, R., 1986. Simple equations in physics, *European Journal Science Education*, 1, pp. 27-37.

Hofstein, A. y Lunetta, V., 1982. The role of the laboratory in science teaching: neglected aspect of research, *Review of Educational Research Summer*, Vol. 52 (2), pp. 201-207.

Pizarro, H. y col., 1982. *Un procedimiento para calificar por objetivos logrados. Programa de Pedagogía Universitaria*. (Pontificia Universidad Católica de Chile).

Rumelhart, D. y Norman, D., 1980. Analogical processes in learning, en J.R. Anderson (ed.), *Cognitive skills and their acquisition*. (Lawrence, Erlbaum Association Hillsdale).

Santelices, L., 1992. El trabajo grupal: ¿puede ser considerado una pérdida de tiempo en el aula?, *Revista Anales*, Facultad de Educación, P. Universidad

la presencia de agua y sustancias minerales, bióxido de carbono, luz y clorofila para la realización de la fotosíntesis como transformación de la energía solar en energías químicas que queda almacenada en los alimentos fabricados por la planta.

Los conceptos discutidos y trabajados experimentalmente fueron: la relación que guardan luz y clorofila con la producción de almidón en el proceso de fotosíntesis.

Para el registro de las concepciones de los estudiantes, se aplicaron dos cuestionarios combinando preguntas de opción múltiple y preguntas abiertas. Los cuestionarios se aplicaron antes de la experimentación (después de la exposición en el aula), un mes después, y siete meses después de la fase de experimentación. El último cuestionario se usó como prueba de retención.

### Actividades

1) *Observación de cambios visibles en el color de las plantas producidos por la presencia o ausencia de luz.* Se taparon algunas hojas de *Elodea* con papel de aluminio durante una semana. Se observó el cambio de coloración de las hojas después de ese tiempo y se discutieron los efectos observados entre la coloración de las hojas y la presencia de luz.

2) *Extracción de clorofila.* Se emplearon las hojas verdes de la planta de la experiencia anterior. Se observó la clorofila extraída y la ausencia de color en las hojas. La extracción de clorofila se realizó también con hojas de *Elodea*.

3) *Observación de clorofila en hojas de Elodea.* Se observaron en el microscopio hojas de *Elodea* con y sin clorofila, resaltándose la presencia de cloroplastos. Se discutió la pigmentación producida y su relación con la presencia de luz.

4) *Detección de almidón en hojas.* Con ayuda de yodo se detectó la presencia de almidón en las hojas verdes y en las hojas amarillas. Se hizo explícita la relación entre presencia de luz, clorofila y almidón.

### Resultados

Los resultados se presentan en dos esquemas que muestran las relaciones y elementos que han sido considerados por los niños como relevantes. Los valores indicados entre paréntesis corresponden respectivamente al pretest, postest y prueba de retención. Estos resultados muestran los conceptos manejados por los niños y sus relaciones, tomando en considera-

ción tanto las clases dentro del aula como la fase de experimentación.

La identificación de la fotosíntesis como una función exclusiva de la planta parece ser muy clara después de la información verbal; sin embargo, observamos posteriormente un descenso en la respuesta de los niños, consideramos que los resultados del postest, que se mantienen aún en la prueba de retención, reflejan las concepciones reales de los estudiantes. En un caso similar se encuentra la identificación de la producción de almidones por la planta y los requerimientos para la fotosíntesis.

Los temas que se trabajaron experimentalmente son la presencia de clorofila y luz como requerimientos necesarios para la realización de la fotosíntesis. Los resultados de las relaciones que fueron establecidas por los niños se presentan en la figura 2.

### Conclusiones

Para los niños la presencia de clorofila está relacionada con la presencia o ausencia de luz, con el color verde de las hojas y la presencia de almidón en ellas. Sin embargo, no conciben la fotosíntesis como producción de alimentos.

Las relaciones entre la presencia de luz y clorofila son difíciles de establecer por los alumnos como lo muestran los porcentajes de la figura 2. Por ello consideramos que establecer aquellas relaciones que no resulten tan obvias experimentalmente, como es el caso del bióxido de carbono, será más difícil de lograr en este nivel educativo.

La presentación de una serie de experiencias que permita al niño establecer relaciones entre los elementos observados ayudará a la comprensión de la acción de cada uno de los factores participantes

Figura 1

Porcentajes de respuestas afirmativas, sobre qué se requiere, quién la realiza y qué se produce en el proceso fotosintético.

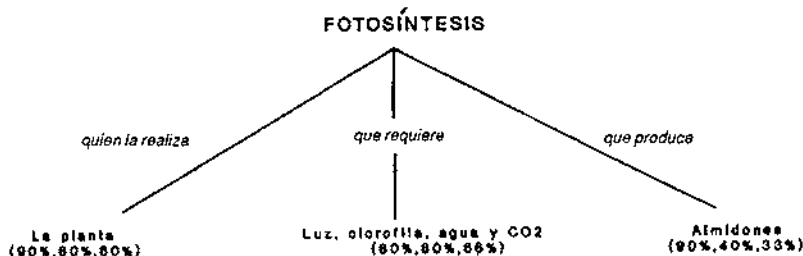
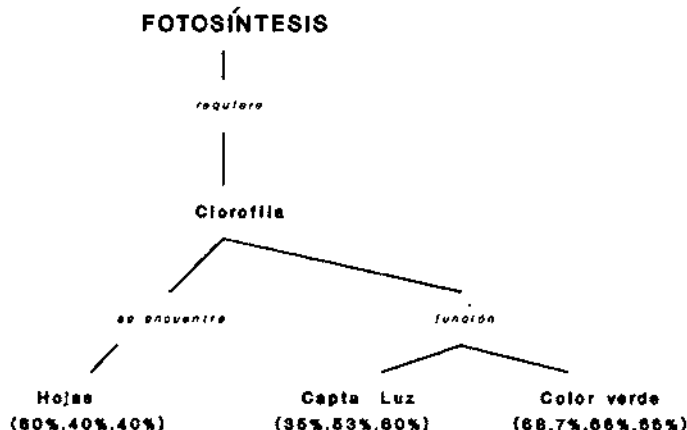


Figura 2

Relaciones expresadas por los niños sobre la clorofila.



en la formación de un concepto. Es por ello que, en conceptos tan complejos como el de fotosíntesis, las actividades deberán presentarse a través de líneas generales que constituyan bloques de conocimiento y que cobren significado para el estudiante.

# Referencias bibliográficas

Anderson, C.W., Sheldon, T.H. y Dubay, J., 1990. The effects of instruction on college nonmajors' conceptions of respiration and photosynthesis, *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (8), pp. 761-776.

Barker, M. y Carr, M., 1989. Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge, *International Journal in Science Education*, 11 (1), pp. 49-56.

Barker, M. y Carr, M., 1989. Teaching and learning about photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy, *International Journal in Science Education*, 11 (2), pp. 141-152.

Griffiths, A. K. y Grant, B.A.C., 1985. High school students' understanding of food webs: identification of a learning hierarchy and related misconceptions, *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (5), pp. 421-436.

Johnstone, A. H. y Mahmoud, N. A., 1980. Isolating topics of high perceived difficulty in school biology, *Journal of Biological Education*, 14 (2), pp. 163-166.

## UN BREVE APUNTE SOBRE ALGUNAS IDEAS PREVIAS ACERCA DE LA METEOROLOGÍA

Tébar García, P.

Parece que lo primero que ocupa el interés científico del niño son los fenómenos que se dan en la naturaleza, fenómenos directamente observables y de ocurrencia frecuente, que le son próximos y suceden de modo cotidiano. Esto hace que los conceptos involucrados estén representados en el lenguaje diario, vulgar y revelen un saber socializado fuertemente anclado en la mente de las personas como producto de esa actividad científica primitiva, consecuencia de sucesivos

ensayos, observaciones, etc. y que en modo alguno son conceptos absurdos sino de «sentido común» (Driver 1986): «antes de que la ciencia que se les enseña ocupe lugar, los niños poseen un considerable conocimiento sobre el mundo natural y tecnológico» (Osborne y Bell 1983). La constatación de la existencia en el alumno de estas ideas, ideas intuitivas, miniteorías, preconcepciones, etc. (Jiménez 1987) ha constituido en las últimas décadas un punto de referencia importante para la didáctica de las ciencias (Osborne y Wittrock 1983), llegando a la conclusión de que estos conocimientos o ideas previas constituyen complejos esquemas conceptuales a través de los cuales el alumno da explicación a multitud de situaciones científicas cotidianas con un importante nivel de coherencia (Viennot 1979, Gilbert et al. 1982).

Parece, también, demostrado a la luz de los resultados obtenidos por la investigación didáctica, que estos preconcepciones no sólo son difícilmente desplazables (Sebastià 1984), sino que además pueden interferir negativamente con las nuevas informaciones que se aportan desde el aula.

El presente trabajo pretende recoger algunas ideas detectadas, en los alumnos de diferentes niveles educativos, acerca de conceptos relacionados con la meteorología y su relación con las ideas previas que sobre las mismas cuestiones se hace en la bibliografía publicada en los últimos años, así como la causa de su persistencia a fin de que puedan servir como punto de partida para una futura investigación más amplia y rigurosa que nos permita planear y tratar estos temas disponiendo de una información específica acerca del pensamiento infantil respecto a estos fenómenos.

Exponemos a continuación las ideas obtenidas en la exploración realizada:

### Fenómeno: Presión

Ideas detectadas:

- La presión atmosférica sólo actúa hacia abajo.
- La presión atmosférica no varía con la altitud.
- La presión atmosférica no varía con el  $\Delta$  de la temperatura.
- La presión atmosférica es «sólo» consecuencia del peso del aire.
- Identifican presión atmosférica y gravedad.

### Fenómeno: Humedad

Ideas detectadas:

- El aire no contiene vapor de agua.
- El vapor de agua producido por la evaporación de las diferentes superficies hídricas va a formar parte de nubes y nieblas exclusivamente.

### Fenómeno: Viento

Ideas detectadas:

- El aire no pesa.
- El viento es «sólo» consecuencia del giro de la Tierra.
- El fenómeno del viento es atribuido a causas aleatorias, no se establece una relación directa entre éste y las variaciones de presión y temperatura.

### Fenómeno: Temperatura

Ideas detectadas:

- Las diferentes zonas de la Tierra tienen distinta temperatura como consecuencia de la órbita elíptica de la Tierra.
- Las estaciones son consecuencia de la órbita elíptica de la Tierra.
- La temperatura de la Tierra es consecuencia de la incandescencia del núcleo terrestre.
- Identifican calor y temperatura.

### Fenómeno: Pluviosidad

Ideas detectadas:

- Las nubes están formadas por vapor de agua (gas).
- Ya hemos hecho referencia anteriormente a la constatación de la resistencia al cambio que parecen presentar estas ideas, veamos algunas posibles causas:

\* Una idea que parece predominar entre los niños es la asociación que hacen entre la acción de una fuerza y el movimiento resultante. Los niños reconocen que actúa una fuerza cuando se observa movimiento, pero es menos probable que consideren la existencia de fuerzas en sistemas de equilibrio estático (conciendo según la creencia aristotélica que el reposo es el estado natural del sistema) (Driver 1988). Así, en el caso de los fluidos y más concretamente la presión, piensan que ésta se ejerce en una sola dirección: aquella en la que aparece alguna «acción», por lo que suelen asociar el peso del aire con la presión que éste ejercería de arriba hacia abajo (Benlloch 1986).

Los niños se sorprenden frecuentemente de que la presión actúe en todas direcciones y tienden a usar su esquema para el peso de un cuerpo sólido para interpretar lo que ocurre en el aire, es decir, una fuerza que actúa hacia abajo solamente (Engel Clough y Driver 1985).

El pensamiento de los niños pequeños se caracteriza por una tendencia a dar interpretaciones en términos de propiedades de los objetos antes que en términos de interpretaciones entre sistemas de ahí, la propensión de los niños a interpretar los fenómenos naturales en relación con sus propiedades o cualidades, en vez de hacerlo con respecto a la interacción de los elementos dentro de un sistema. Esta característica aparece asociada a esa tendencia acritica (Gil y Carrascosa 1985) a centrarse en aspectos limitados de una

situación dada. Por ejemplo, para explicar el funcionamiento de una pajita de refresco, la gran mayoría de los alumnos consideran sólo lo que ocurre en su interior, atribuyendo el movimiento del líquido a la fuerza de «succión» en vez de tener en cuenta que el flujo de líquido es una consecuencia de las diferencias de presión entre el interior y el exterior.

\* Algunos niños piensan en el aire como algo que «flota a nuestro alrededor» y, por tanto, sin peso. Esto tiene como consecuencia que ignoran el efecto del aire sobre las superficies a menos que haya movimiento del mismo (Seré 1982). Esta idea de la ligereza del aire (el aire no pesa) puede ser la causa de la comprensión e interpretación que hacen los niños del aire atmosférico.

Los problemas que presentan los alumnos a la hora de identificar el movimiento de las masas de aire (viento), puede partir de la creencia de que para que algo se mantenga en movimiento hace falta la aplicación de una fuerza. Por ello, los niños admiten en sus afirmaciones el movimiento del aire; sin embargo, el origen de tal movimiento tendrá diversas teorías: Las nubes, por ejemplo, como su movimiento es ostensible, quizá sea su observación tan manifiesta la responsable de que en muchos casos se invierta el efecto por la causa y los niños afirmen que su movimiento produce el aire.

En la comprensión de la ciencia por los alumnos se ha destacado repetidamente (Driver, Tiberghien 1985) que sus concepciones se centran casi exclusivamente en lo observable.

Estas experiencias sensoriales pueden actuar en ocasiones como un obstáculo para la comprensión de algunos conceptos. Así, los alumnos más pequeños suelen atribuir el fenómeno a que las nubes soplan; hablan del aire como si tuviese voluntad, lo cual refleja un tipo de razonamiento animista, característico de los niños (Carey 1985), e incluso de los adultos (Delval 1975), tendente a atribuir propiedades animadas al mundo inanimado.

Otra concepción que llama poderosamente la atención es que, tras algunos años de instrucción, un gran número de alumnos atribuyen como causa única del viento al giro de la Tierra. Probablemente por una semejanza básica entre causa y efecto.

\* En general los niños suelen afirmar la composición gaseosa del aire. Sin embargo, aparece una ausencia notoria cuando profundizamos en esta cuestión: no se menciona la presencia de agua en el aire. Piensan que el vapor de agua producido por la evaporación de las diferentes su-

perficie hídricas va a formar parte de nubes y nieblas exclusivamente. En general, para el niño, el vapor no es la misma agua en estado gaseoso que en estado líquido, ya que el estado gaseoso del agua la convierte en imperceptible. De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla que afirmaría que «lo que no se percibe, no se concibe» (Pozo et al. 1991), y no se plantean la existencia de entidades tales como el aire o los gases que no pueden ver o sentir.

Cuando preguntamos a un niño por la explicación de por qué una botella sacada del frigorífico acaba por tener gotitas de agua sobre su superficie, muchos interpretan la condensación como si fuera un fenómeno de sudoración, de nuevo volvemos a observar un comportamiento animista en sus explicaciones.

\* La temperatura es uno de los fenómenos que mayor problemática presenta a los alumnos por su estrecha interrelación con el calor (Macedo y Soussan 1985); no vamos aquí a referirnos a esta cuestión suficientemente tratada (Driver, Guesne y Tiberghien 1985), sino a la temperatura en relación con el planeta. Para la mayoría de los niños las diferentes zonas de la Tierra tienen distinta temperatura como consecuencia de la órbita elíptica de la tierra, lo cual demuestra una clara relación entre el objeto y la causa que produce por su contigüidad espacial. Los alumnos tienden a buscar las causas cerca de los efectos, según Andersson (1986a): «cuanto más cerca mayor efecto». Por la misma razón antes mencionada también atribuyen la sucesión de las estaciones a la órbita elíptica de la Tierra.

Respecto a la temperatura del planeta, aunque inicialmente casi todos los alumnos admiten de motu propio que la temperatura es consecuencia de la incidencia de los rayos solares, es destacable que un gran número de alumnos coincide en afirmar (sobre todo después de algún tiempo de escolaridad) que dicha temperatura es consecuencia de la incandescencia del núcleo terrestre, lo cual también se podría atribuir a las causas de contigüidad espacial anteriormente citadas.

Estas y otras ideas impregnan la comprensión de los niños en relación con un amplio marco de fenómenos naturales, y no pueden ser debidos a la casualidad sino que suelen derivarse de percepciones sensoriales (Piaget 1971) y ponen de manifiesto el razonamiento causal lineal que considera que una acción produce un efecto (Kelley 1967). Este tipo de razonamiento se ha identificado en las ideas de los niños sobre varios fenómenos y se ha sugerido que tiene sus orígenes en esquemas de acción tempranos de los niños más pequeños (Anderson 1985).

Puesto que tales ideas constituyen modelos coherentes y bien articulados, además de estar profundamente arraigadas y reaparecer a pesar de la instrucción, parece, pues, necesario dedicarles una especial atención a lo largo de la enseñanza si se pretende que los niños realicen un aprendizaje significativo, siendo preciso que, antes de iniciar la tarea, se conozcan cuáles son las ideas que hasta el momento los alumnos se han formado y sobre las cuales se construirán los nuevos conocimientos.

### Referencias bibliográficas

- Anderson, B., 1986a. The experimental gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science, *European Journal of Science Education*, 8 (2), pp. 155-171.
- Benlloch, M., 1984. *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. (Visor: Madrid).
- Carey, S., 1985b. Are children fundamentally different kinds of thinkers and learners than adults?, en S. Chipman, J. Segal y R. Glaser (eds.), *Thinking and learning skills*. (Erlbaum: Hillsdale, New Jersey).
- Delval, J.A. 1975. *El animismo y el pensamiento infantil*. (Siglo XXI: Madrid).
- Driver, R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 3-15.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., 1985. *Children's ideas in science*. (Open University Press: Milton Keynes). (Trad. P. Manzano, 1989. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata/MEC: Madrid).
- Engel Clough, E. y Driver, R. 1985. What do children understand pressure in fluids?, *Research in Science and Technology Education*, 3 (2), pp. 133-144.
- Gilbert, J.K., Osborne, R.J. y Fensham, P.J., 1982. Children's science and its consequences for teaching, *Science Education*, 66(4), pp. 623-633.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A., 1988. La ciencia de los alumnos. (Laia/MEC: Barcelona).
- Ibáñez, T. (ed.), 1988. *Ideologías de la vida cotidiana*. (Sendai: Barcelona).

Piaget, J. 1971. *Psicología y Epistemología*. (Ariel: Barcelona).

Pozo, J.I., 1987a. *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. (Visor: Madrid).

Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. y Sanz Serrano, A., 1990. *Bases psicopedagógicas para la elaboración de un currículo en Ciencias: Química*. (Universidad Autónoma de Madrid: Facultad de Psicología).

Sere, M.G., 1982. A study of some framework used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of air pressure, *European Journal of Science Education*, 4(3), pp. 299-309.

Serrano, T. y Blanco, A. 1988. Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias. (Narcea: Madrid).

Viennot, L., 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, 1, pp. 205-221.

# UN MODELO SIGNIFICATIVO PARA LA COMPRENSIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS SIMPLES

Cercavilla Castro, A. Instituto de Bachillerato Ramón y Cajal. Avda. La Paz, 9. 22004 Huesca.

Es un hecho sobradamente conocido la dificultad que presentan los conceptos relacionados con los circuitos eléctricos. Cuando se quiere la comprensión de los alumnos, aun los de carreras de ciencias, e incluso de los profesores, los resultados son muy malos. Por ejemplo, Cohen, Eylon y Ganiel (1982) realizaron un estudio entre estudiantes de edades comprendidas entre 15 y 18 años y profesores de EEUU y de Gran Bretaña, utilizando preguntas cualitativas. Sólo un 26% de las respuestas eran acertadas por término medio por los alumnos de 16-17 años y un 51,5 %, por profesores.

Proponemos un modelo que resuelve la cuestión de la *significatividad*, tan problemática, de la diferencia de potencial, y la relación entre ésta, la intensidad de la corriente y las características de grosor y longitud, de un conductor. Permite predecir las modificaciones en la *V* y en la *I*, que se observarían en el circuito al hacer modificaciones simples en él, consistan éstas en alargarlo, engrosarlo o en

conectar en alguna de sus partes otro conductor en paralelo.

La propuesta consiste en utilizar de modo cualitativo el modelo de Drude, convenientemente simplificado. Este modelo viene descrito detalladamente en cualquier libro de Física General, por ejemplo, Eisberg y Lerner (1981). No creemos que exista otra forma de relacionar significativamente las magnitudes que intervienen en los circuitos.

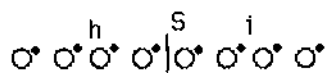
Los alumnos no tienen una experiencia suficientemente adecuada en circuitos hidráulicos para que la mención de una analogía hidráulica proporcione la suficiente significatividad a los conceptos. Por ello se requiere un trabajo previo para poner de manifiesto ciertos comportamientos de los flujos de materia.

Simulamos mediante un ordenador los iones positivos de la red cristalina del conductor, y el movimiento de los electrones negativos. También grabamos en vídeo las diferentes situaciones. Junto a cada ión colocamos un electrón libre. Suponemos que están en la proporción de un electrón libre por cada ión positivo. Los electrones se mueven de ión en ión, chocando con todos ellos, en línea recta y deteniéndose después de cada choque.

Un electrón en el extremo inicial de la fila tiene una cierta cantidad de energía, que le ha proporcionado la pila y que habrá debido perder mediante los choques cuando llegue al otro extremo, lo mismo que una pelota que baja por unas escaleras chocando con cada escalón. Cuando está en la parte superior de la escalera tiene una energía potencial gravitatoria que perderá en los choques con los sucesivos escalones con los que se ha encontrado. Esta analogía, sin embargo, no se puede llevar muy lejos.

Comenzamos con una fila sencilla de iones (Fig. 1). Los alumnos deben saber que llamaremos *intensidad de la corriente* al número de cargas que pasan por unidad de tiempo por una sección *S* del conductor.

Figura 1



En este caso, según lo deprecia que se muevan entre choque y choque, pasarán más o menos en cada unidad de tiempo. Seguimos con una fila más larga pero igualmente espaciada (Fig. 2). Si las cargas se mueven a la misma velocidad que antes, la intensidad de la corriente es la misma que antes. En otra fila con un

grosor doble, a igual velocidad que antes, la intensidad será doble (Fig. 3). Si la fila es triple, la intensidad triple, a igual velocidad.

Digamos ahora que *la pila proporciona la misma energía a cada carga* y que esa energía debe perderse totalmente por medio de los choques. Dejemos la misma pila y alarguemos el conductor (Fig. 2).

La intensidad deberá disminuir porque la misma energía se debe perder a base de un número de choques mayor; luego cada choque deberá ser menos violento. Dejemos la misma pila y longitud de conductor, duplicando el grosor del mismo (Fig. 3).

Figura 2

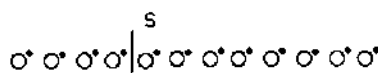
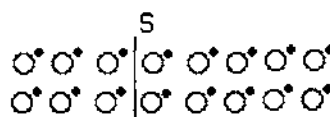


Figura 3



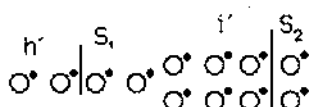
La intensidad deberá ser doble, ya que las cargas se deben mover igual de deprisa porque cada una debe realizar el mismo número de choques; pero hay doble número de cargas atravesando cada sección del conductor.

Si dejando el mismo conductor cambiamos la pila, de modo que proporcione más energía a cada carga, ésta deberá moverse más deprisa para que los choques sean más violentos y pueda perder más energía en cada uno.

Con estas ideas, la mayoría de los alumnos razonan de modo cualitativo correctamente en problemas sencillos, de tipo ley de Ohm, y en la identificación de factores que influyen en una resistencia; y así mismo diferencian la intensidad de la corriente de la diferencia de potencial.

Abordamos ahora el problema, considerablemente más difícil para los alumnos (seguramente no conviene tratarlo en 2º de BUP), que es el de explicar lo que ocurre en los dos tramos de un elemento de circuito formado por dos alambres de distinto grosor, en serie, equivalente cualitativamente a una resistencia en serie con otras en paralelo entre sí, y que pertenece al tipo de cuestiones que más abundan entre las que utilizaron Cohen, Eylon y Ganiel (1982). Pongamos, por concretar, una fila simple de iones en serie con otra doble (Fig. 4).

Figura 4



Primero vamos a comparar las velocidades de las cargas entre los dos tramos. Notemos que si los electrones se mueven a la misma velocidad por el tramo grueso que por el delgado, se acumularán en una zona, mientras que otra zona se quedará despoblada. Esto no ocurre en los circuitos eléctricos porque notaríamos efectos electrostáticos, y no los notamos. Deben moverse a distinta velocidad en ambos tramos; *en general, a mayor velocidad en el tramo delgado que en el grueso*. Notemos que, si esto es así, las cargas pierden más energía por choque en el tramo delgado; y, si fueran igual de largos, la diferencia de potencial en el delgado sería mayor que en el grueso.

Por último, debemos comparar la velocidad en el tramo  $h$  con la velocidad en el  $h'$  y la velocidad en el tramo  $i$  (que es igual

que la  $h$ ) con la velocidad en el  $i'$ . Puede razonarse que la velocidad en  $h'$  es mayor que en  $h$  y la velocidad en  $i'$  es menor que en  $i$ , con las implicaciones que ello tiene para las correspondientes diferencias de potencial en los tramos respectivos.

Es importante considerar explícitamente situaciones extremas, como aquella en que el conductor delgado es mucho más largo y delgado que el grueso. Otro caso extremo que también hay que comentar es el del conductor cortado. También sería un caso extremo y opuesto al anterior, el cortocircuito, conductor extremadamente grueso, en serie con otro mucho más delgado.

Éste es el modelo y el tipo de razonamiento que se requiere para operar con él. El número de variables que intervienen en estos problemas, explícita e implícitamente, es siempre bastante grande y por ello siempre resultará difícil a los alumnos obtener consecuencias correctas en un razonamiento en situaciones algo complicadas. Hay que hacer gran-

des esfuerzos por ser sistemáticos en el orden del razonamiento y en la consideración de lo que permanece constante y de lo que varía, pero, teniendo en cuenta que la diferencia de potencial es energía de la unidad de carga, y la intensidad de corriente, número de unidades de carga por unidad de tiempo. Es evidente que el único modo significativo de relacionar los dos conceptos es uno que considere explícitamente el comportamiento de las cargas individuales. La naturaleza es así.

#### Referencias bibliográficas

- Cohen, R., Eylon, B., y Ganiel, U., 1982. Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students concepts, *American Journal of Physics*, 51(5), pp. 407-412.
- Eisberg, R. M. y Lerner, L., S., 1981. *Física, Fundamentos y Aplicaciones*, (McGraw Hill).