

**A MODEL FOR CONSTRUCTIVIST INITIAL PHYSICS TEACHER EDUCATION**

*Thomas, M.F., Gilbert, J.K., 1989. International Journal of Science Education, Vol. 11(1), pp. 35-47.*

El artículo que comentamos hace referencia a un programa innovador en la formación del profesorado de física portugués.

Tras una información inicial referente al sistema educativo portugués y al proceso de formación del profesorado, que permiten enmarcar el tema, se explicita el proyecto, realizado en la Universidad de Aveiro.

La duración es de tres años, realizándose durante los cursos cuarto y quinto de la carrera, y extendiéndose a un año de postgraduado.

Partiendo de la evidencia de la transmisión de las actitudes de los profesores a los alumnos, y de la disminución de la actitud positiva de éstos conforme aumentan sus años de estudio, el objetivo declarado es una acercamiento constructivista a la enseñanza de la Física.

Son dos las bases teóricas del proyecto: de un lado, la teoría psicológica denominada constructivista de G. Kelly, de otro,

el modelo de innovación educativa de E. Rogers. Se hace un breve resumen de las ideas de ambos, lo que permite seguir su cumplimiento. Además se presta una atención especial al problema de los pre-conceptos de los alumnos.

El proyecto comprende tres etapas, cada una de un año de duración. Así, durante el cuarto curso, tiene lugar la denominada fase formativa, a la que se dedican siete horas semanales, durante quince semanas. Las actividades están estructuradas siguiendo las cinco fases el ya citado modelo de E. Rogers.

Durante el quinto curso tiene lugar la fase de prácticas, y al curso siguiente la denominada fase de entrada, durante la cual los futuros profesores que ya habían realizado las prácticas supervisadas, son asignados a un centro.

El artículo está centrado en el análisis del comportamiento de tres profesoras con concepciones y expectativas diferentes, realizando la fase de entrada. El estudio de la actuación de las profesoras se realiza por varios procedimientos: presencia de un observador externo, grabación magnetofónica y/o en vídeo, cuestionarios, entrevistas...

En los tres casos se ha analizado cómo se ha impartido una lección de electricidad, aunque diferente en cada caso.

En el primer caso, se trata, probablemente, de la primera lección de electricidad

del curso, por lo que se busca detectar preconceptos, haciendo trabajar a los alumnos en grupo.

Podemos ver, por tanto, que se trata de un trabajo serio, que tiene una evaluación final para valorar el impacto en los futuros profesores y cuyas conclusiones, a pesar de la dificultad de generalización, son francamente positivas, lo cual es de agradecer puesto que están en juego varias cosas: una línea de investigación prioritaria (actitudes de alumnos y profesores), una teoría psicológica que está en la "cresta de la ola" (el constructivismo), y una forma de trabajo (investigación-acción). Aunque reunir todo esto no siempre es fácil y parece, por ejemplo, que alguna fase de la formación del profesorado es eminentemente expositiva, lo que resultaría poco constructivista.

Concluye el artículo con una reflexión sobre los factores que ayudan al éxito de la experiencia: una buena relación entre los futuros profesores y sus tutores, el soporte y los recursos puestos a su disposición, la implicación personal...

Es una muestra más que un proyecto de formación inicial del profesorado, no puede ser de corta duración, ni puede dejarlo abandonado al acabar la fase "teórica".

J. B. Soler

## SELECCIONES BIBLIOGRÁFICAS TEMÁTICAS

**SELECCIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE ESQUEMAS ALTERNATIVOS DE LOS ESTUDIANTES EN ELECTRICIDAD**

*Ma. Jesús Manrique, Paloma Varela y Ana Favieres. I.B. Rey Pastor (Madrid).*

**1. Introducción**

Desde hace aproximadamente 15 años se han realizado numerosas investigacio-

nes acerca de los esquemas conceptuales alternativos que poseen los alumnos sobre los circuitos eléctricos y las magnitudes que intervienen en su estudio.

Para llevar a cabo estas investigaciones se han utilizado las técnicas de detección que son habituales en este tipo de trabajos y que han sido descritas ampliamente por Furió (1986). Añadiremos únicamente que algunos autores han trabajado enfrentando a los alumnos con el material usualmente utilizado en los laboratorios de electricidad, pidiéndoles que

monten determinados circuitos y preguntándoles, a partir de sus montajes, qué piensan ellos acerca de lo que allí está ocurriendo. Este método ha dado buenos resultados para conocer las representaciones que tienen los estudiantes sobre todo en edades tempranas (a partir de los 7 años).

Como en otros campos de las Ciencias, la enseñanza habitual se ha mostrado bastante ineficaz a la hora de conseguir que las ideas intuitivas de los alumnos, sobre los circuitos eléctricos, evolucionen hacia

las admitidas hoy día por la comunidad científica. Esto pone de manifiesto la necesidad de diseñar nuevas estrategias que tengan como punto de partida los esquemas conceptuales de los alumnos y que sean capaces de potenciar en ellos el cambio conceptual (Posner 1982).

En esta reseña vamos a describir, en primer lugar, las ideas más importantes que se han detectado en los alumnos a lo largo de los diferentes niveles de enseñanza, y que son comunes a los estudiantes de los distintos países en que se han realizado investigaciones. A continuación haremos un breve comentario de algunas estrategias de enseñanza-aprendizaje que se han llevado a cabo en la línea que apuntábamos anteriormente, y por último citaremos algunos trabajos que aportan información complementaria, aunque no se centren en el estudio de las ideas previas.

## 2. Esquemas alternativos de los alumnos

Hemos ordenado estos esquemas en razón a su complejidad creciente, aunque ello no implique que los más elementales se den sólo en edades tempranas.

### a) Idea de circuito cerrado

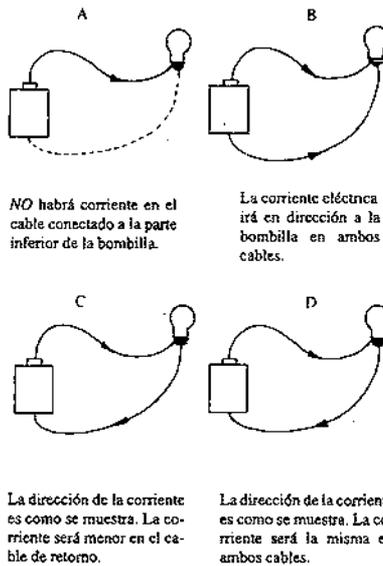
Es un hecho constatado por numerosos autores que cuando a los alumnos se les pide que conecten una bombilla a una pila, suministrándoles cables, pila cilíndrica y bombilla sin portalámparas, muchos de ellos tienen dificultades debido a que no tienen asumida la necesidad de cerrar el circuito.

Queremos destacar que este problema lo presentan, aunque en grado descendente a medida que avanzamos en el nivel de enseñanza, los alumnos de primaria (Tiberghien 1976, Osborne 1983), los de secundaria, y, lo que es más sorprendente, los de enseñanza universitaria (Fredette 1980).

### b) Modelos de corriente

Es muy frecuente en los sistemas de enseñanza habituales comenzar el estudio de la electrocinética introduciendo el concepto de intensidad de corriente eléctrica, generalmente a partir de la idea del movimiento de cargas en materiales conductores y aislantes. Osborne (1981, 1983) y Gauld (1985) han investigado con diferentes muestras de alumnos las ideas que éstos tienen acerca de cómo circula la corriente eléctrica en circuitos elementales, llegando a diferenciar los siguientes modelos:

¿Con qué diagrama piensas que se describe mejor la corriente eléctrica en los cables?



Es fácil deducir que detrás de los modelos A y B subyace la idea fuente-consumidor, según la cual muchos estudiantes piensan en la corriente como un fluido que se almacena en la batería y se consume en el funcionamiento de los diferentes elementos del circuito. Esta idea, sumamente intuitiva, ha sido explorada por diferentes autores: Johsua (1983), Andersson (1986), Fredette (1980), Dupin y Johsua (1986) han realizado un trabajo muy interesante con una muestra de 1065 alumnos de colegios primarios, liceos y universidades del sur de Francia, destacando en las conclusiones que la llamada por ellos "metáfora del fluido en movimiento" está arraigada fuertemente en las representaciones que los estudiantes tienen de cómo funciona un circuito eléctrico, y que persisten a lo largo de toda la enseñanza.

En el modelo C, llamado de gasto, está implícita la idea de consumo de corriente provocada por la confusión entre los términos de corriente y energía, que aparece ya en alumnos muy jóvenes. Esta confusión es atribuida por algunos autores (Solomon, 1985, Andersson, 1986) al uso de estos términos en la vida cotidiana, donde se utilizan en un sentido que no tiene por qué coincidir con el que le dan los físicos.

Shipstone (1984) ha investigado sobre el pensamiento de los alumnos cuando se enfrentan a circuitos más complejos, por ejemplo con más de una bombilla, y ha estudiado su evolución desde los 12 a los 17 años. Identifica los mismos modelos que Osborne, salvo que en el modelo C (gastos) aparecen dos variantes: modelo de atenuación en que la intensidad de corriente va disminuyendo al atravesar los distintos elementos del circuito (las bombillas más alejadas brillan menos), y el modelo de reparto en el que la corriente

se reparte equitativamente entre elementos idénticos del circuito (las bombillas iguales brillan igual).

En las conclusiones de este trabajo hay que destacar que los modelos descritos presentan un máximo de implantación alrededor de los 14 años (aproximadamente un 60%), hecho que el autor atribuye a una confusión en este nivel de enseñanza entre la corriente, por un lado, y la energía, potencia y voltaje por otro, magnitudes que se reparten por igual en lámparas idénticas. Al final del período estudiado, estos modelos bajan a un 35%, el resto de los alumnos han evolucionado hacia el modelo científico.

Dentro de la idea que estamos tratando, de que la corriente se "gasta", Maloy (1986) comprueba que el hecho de que un alumno posea un esquema alternativo determinado no quiere decir que emplee la misma estrategia de resolución cuando se enfrenta a problemas concretos. Este autor ha presentado a un grupo de alumnos del "college", en Gran Bretaña, una serie de tareas, y, a través de la categorización de sus respuestas ha identificado los modelos de corriente descritos anteriormente por Shipstone.

### c) Razonamiento secuencial.

Cuando los circuitos se hacen más complejos, incluyendo varios elementos: resistencias eventualmente variables, bombillas, etc., los razonamientos de los alumnos responden a un análisis local del circuito, en el que se supone que si se introducen variaciones en un elemento del circuito, esto sólo afectará a la corriente que sale de él, pero no a la que llega, y por lo tanto sólo los elementos que están colocados "detrás" del elemento variable sufren algún efecto en su funcionamiento.

El modelo descrito es fácil de visualizar y muy atractivo para los estudiantes, y ha sido investigado fundamentalmente por Closset (1983) y Shipstone (1984), los cuales lo atribuyen a lo que han llamado razonamiento secuencial. Shipstone ha estudiado la evolución de este tipo de razonamiento en alumnos entre 12 y 17 años en Gran Bretaña y los resultados son sorprendentes. Sobre los 14 años, el 80% de los alumnos resuelven los circuitos mediante un razonamiento secuencial, y a los 17 años todavía lo aplican un 35%. Otra información que nos aporta este autor en su investigación es que un 39% de graduados en Física encuestados utilizan también esta secuencia para resolver circuitos.

### d) el problema del voltaje

Cohen et al. (1983) han investigado el problema específico de la confusión entre intensidad de corriente y voltaje con alumnos de enseñanza secundaria y universi-

taria en Israel, llegando a la conclusión de que éstos consideran el voltaje como una "consecuencia" de que la corriente circule en un circuito, y no como su "causa". En este sentido es relevante el trabajo que ha realizado Maichle (1981) con una muestra de 400 alumnos alemanes de 13 a 15 años, donde las dos terceras partes apoyaron la conclusión citada. En esta misma línea Rhöneck (1983) ha trabajado sobre la dificultad que tienen los alumnos de secundaria para distinguir no sólo el voltaje de la intensidad, sino también para superar la confusión que existe entre esta última y la energía. En los resultados de una experiencia realizada con estudiantes alemanes y franceses nos sugiere que el estudio de un circuito eléctrico debe abordarse tratando simultáneamente el aspecto energético con el punto de vista  $V/I/R$ .

Dupin y Johsua (1986) en el trabajo que hemos citado anteriormente, concluyen que: aunque en determinados niveles de enseñanza, los alumnos son capaces de asumir la existencia del voltaje, difícilmente lo relacionan con las otras magnitudes físicas que caracterizan un circuito, es decir, la tensión queda como una noción aislada, no operacional.

e) Papel del generador dentro del circuito

Para los alumnos más jóvenes la pila representa un "almacén de electricidad". Se puede reconocer detrás de esta idea un razonamiento de tipo causal:

la pila (causa) → bombilla luciendo (efecto)  
corriente (agente)

descrito ampliamente por Andersson (1986) y que según el autor subyace en muchos razonamientos elementales sobre circuitos.

A medida que los alumnos van avanzando en el aprendizaje en este campo, la idea inicial va evolucionando y en la enseñanza secundaria la pila se convierte en un "almacén de corriente eléctrica" que se va a ir gastando a lo largo del circuito. Esta idea permanece también en la enseñanza universitaria en porcentajes significativos.

Cohen et al. (1983) han profundizado en el papel que juega una pila en un circuito, encontrando que la tercera parte de una muestra de alumnos encuestados de secundaria opera con la idea de pila o batería como fuente de corriente constante, e incluso consideran que la intensidad entregada por la pila al circuito externo no cambia aunque se introduzcan modificaciones en este circuito. También han estudiado estos autores, en esta línea, las dificultades intrínsecas que presentan para los alumnos los conceptos de fuerza electromotriz y resistencia interna de una pila.

### 3. Otras líneas de investigación

Joshua (1984) ha trabajado sobre la interpretación que los estudiantes dan a los diagramas con que normalmente se representan los circuitos eléctricos. En sus conclusiones destaca que la "forma" en que se dibuja un circuito determinado influye notoriamente a la hora de explicar lo que allí ocurre, de manera que situaciones idénticas, desde el punto de vista físico, se interpretan por los alumnos de forma diferente según se representen.

En una línea distinta están las aportaciones hechas por Solomon, que en 1985 realizó una investigación acerca de las ideas intuitivas que tenían sobre la electricidad niños de 11 y 13 años, explorando, más que los conocimientos en sí, la relación de estas ideas con el entorno familiar y social. En trabajos posteriores profundiza en la connotación de peligro que tiene la electricidad (1986) y en la influencia que tiene el desarrollo cognitivo y el medio social en la evolución de las ideas previas (1987).

### 4. Estrategia de enseñanza

En la actualidad existen algunos materiales de trabajo aplicables en el aula, apoyados en la teoría constructivista de la enseñanza-aprendizaje (Driver 1986) y que, como indicábamos en la introducción, son capaces de conseguir en los estudiantes un cambio conceptual a partir de sus esquemas alternativos. Vamos a tratar de hacer un breve resumen de los que son a nuestro juicio más interesantes.

Dentro del "Learning in Science Project" (Osborne y Freyberg 1985) desarrollado en la Universidad de Waikato con alumnos de 11 a 17 años, existen una serie de *Working Papers* dedicados concretamente al estudio de la corriente eléctrica. Estos documentos aportan información de gran utilidad, e incluyen cuadernos de trabajo para el alumno y guía del profesor donde se describen minuciosamente las fases de la enseñanza, los materiales necesarios para llevarla a cabo y la evaluación de resultados.

Arnold (1986) ha realizado una experiencia, aplicando estrategias en la dirección apuntada, con niños de 11-12 años de una clase estandar inglesa, y ha conseguido resultados alentadores en lo referente a la evolución sobre los modelos de corriente existentes en alumnos de esta edad. Resalta en sus conclusiones la viabilidad de una aproximación constructivista en una clase normal.

Nuestro grupo de trabajo ha llevado a cabo una realización práctica de este modelo de enseñanza en el estudio de la

Electricidad en un curso de iniciación a la Física para alumnos de secundaria. Una descripción detallada de las fases de nuestro trabajo, así como de los resultados obtenidos, ha sido publicada recientemente en esta revista (Varela, Manrique y Favieres 1988).

Para terminar mencionaremos una estrategia de enseñanza que, aunque parte de otros supuestos, puede ser interesante conocer. Se trata de la desarrollada por Evans (1978) para un curso introductorio de Física a nivel universitario. La metodología de trabajo y los materiales necesarios vienen descritos exhaustivamente en el artículo reseñado.

### Referencias

- Andersson, B., 1986. The experiential gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions in Science, *European Journal of Science Education*, Vol. 8(2), pp. 155-171.
- Arnold, M., 1987. Being constructive: an alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *International Journal of Science Education*, Vol. 9(5), pp. 553-563.
- Closset, J., 1983. Le raisonnement séquentiel en Électrocinétique, *Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures.
- Cohen, R., Eylon, B. y Ganiel, U., 1983. Potential difference and current in simple electric circuits: a study of student's concepts. *American Journal of Physics*, 51(5), pp. 407-412.
- Criado, A. y Merino, J., 1987. Representaciones de los alumnos sobre el comportamiento de circuitos en corriente continua, *V Jornadas de estudio sobre la investigación en la escuela*. Sevilla 5-7 de diciembre 1987.
- Driver, R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 4(1), pp. 3-15.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., 1985. *Children's ideas in Science*. (Open University Press: Milton Keynes, England).
- Dupin, J.J. y Joshua, S., 1986. L'électrocinétique du Collège à l'Université: évolution des représentations des élèves, et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l'union des physiciens*, 683, pp. 779-800.
- Evans, J., 1978. Teaching Electricity with Batteries and Bulbs, *Physics teacher*, 16, pp. 15-22.

- Fredette, N. y Lochhead, J., 1980. Students' conceptions of simple circuits, *The Physics Teacher*, Vol. 18, pp. 194-198.
- Furió, C., 1986. Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(1), pp. 73-76.
- Gault, C.F., 1985. Teaching about electric circuits, *Learning in Science Project*. Working paper, 209. University of Waikato, Hamilton, N.Z.
- Gott, R., 1984. Electricity at age 15: Science report for teachers nº 7. *APU Science Publications*.
- Härtel, H., 1982. The electric circuits as a system: a new approach, *European Journal of Science Publication*, Vol. 4(1), pp. 45-55.
- Johsua, S., 1983. "La métaphore du fluide" et le "raisonnement en courant". *Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures.
- Johsua, S., 1984. Students' interpretation of simple electrical diagrams. *European Journal of Science Education*, Vol. 6(3), pp. 271-275.
- Maichle, U., 1981. Representations of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. Paper presented at the conference "Problems concerning students, representations of physics and chemistry knowledge". Ludwigsburg, FR Germany, Septiembre 1981.
- Maloney, D., 1986. Rule governed physics current aseries circuit. *Physics Education*, 21, pp. 360-365.
- Osborne, R.J., 1981. Children ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*. Vol. 29, pp. 12-19.
- Osborne, R.J., 1983. Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education*, Vol. 1, pp. 73-82.
- Osborne, R.J. y Cosgrove, M. *Learning in Science Project*. Working paper 25, 207, 208. University of Waikato, Hamilton N.Z.
- Posner, G. et al., 1982. Acommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, Vol. 66, pp. 211-227.
- Rhôneck, C., 1983. Semantics structures describing the electric circuit before and after instruction. *International Summer Workshop: Research on Physics Education*. La Londe les Maures.
- Shipstone, D., 1984. A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits, *European Journal of Science Education*, Vol. 6(2), pp. 185-198.
- Solomon, J., Black, P., Oldham, V. y Stuart, H., 1985. The pupil's view of electricity, *European Journal of Science Education*, Vol. 7(3), pp. 281-294.
- Solomon, J., Black, P. y Stuart, H., 1987. The pupils of electricity revisited: social development or cognitive growth, *International Journal of Science Education*, Vol. 9(1), pp. 13-22.
- Tiberghien, A., 1983. Revue critique sur les recherches visant a élucider les sens des notions de circuits électriques pour les élèves de 8 a 20 ans, *Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures.
- Tiberghien A. y Delacotte, G., 1976. Manipulations et representations de circuits électriques simples par des enfants de 7 a 12 ans. *Revue Française de Pedagogie*, 34, pp. 32-44.
- Varela, P., Manrique, M.J. y Favieres, A., 1988. Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6(3), pp. 285-290.

## TESIS DIDÁCTICAS

### "CONSERVAÇÃO E MODELO CORPUSCULAR - Um estudo transversal das explicações dos Estudantes para Transformações da Matéria"

Resumo de dissertação de mestrado em educação na área de didática. Ensino de Ciências.

Autor: Gilmar da Cunha Trivelato.

Orientador: Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Instituição: Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo, São Paulo 1989.

### Resumo

O objetivo central do trabalho foi verificar como os estudantes vão construindo um sistema de noções que, cada vez mais, se aproxima do modelo corpuscular adotado pelos cientistas para explicar a natureza da matéria, e como esse processo está relacionado com o desenvolvimento das noções de conservação das quantidades físicas. Ao mesmo tempo buscou-se analisar o papel da experiência e das estruturas cognitivas do sujeito na aquisição dessas noções.

Teve como ponto de partida as constatações das dificuldades encontradas pelos estudantes em dar explicações em termos microscópicos e as interpretações dadas para este fato. Alguns educadores explicaram essas dificuldades admitindo que os estudantes não raciocinavam formalmente segundo Piaget, enquanto que inúmeros outros criticavam essa posição e apresentando outros argumentos. Procurou-se mostrar que muitas interpretações com base na teoria piagetiana, bem como suas correspondentes críticas, resultaram da confusão