

# **UTILIZAR LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN EN EL DISEÑO DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS. EL PROYECTO EPSE (EVIDENCE-INFORMED PRACTICE IN SCIENCE EDUCATION)**

**AMETLLER, JAUME; LEACH, JOHN; SCOTT, PHIL; LEWIS, JENNY y HIND, ANDY**  
CSSME, The University of Leeds, England, UK

---

**Palabras clave:** Innovación curricular; Lenguaje; CPD.

## **INTRODUCCIÓN**

La literatura sobre el aprendizaje de los conceptos científicos es muy amplia. Sin embargo, el impacto de estas investigaciones sobre la práctica cotidiana de la enseñanza de las ciencias no ha sido muy notable. Es más, algunas voces ya han manifestado su escepticismo sobre si la enseñanza basada en la información existente sobre el conocimiento existente conduzca a una mejora en el aprendizaje de los alumnos.

Pese a la existencia de estudios que proporcionan evidencia sobre la mejora en el aprendizaje en relación a objetivos específicos a partir de intervenciones basadas en resultados de investigación (por ejemplo Brown y Clement, 1991), estos estudios dicen más bien poco sobre el papel del profesor durante la intervención. Más aun, en estas investigaciones el profesor, habitualmente, trabaja muy de estrechamente y durante períodos muy largos con el equipo investigador. Prácticamente no existe evidencia alguna de que profesores con una relación menos estrecha con el proceso de investigación puedan replicar las mejorías en el aprendizaje de los alumnos.

La investigación recogida en esta contribución tenía por objetivo aportar evidencias sobre la posibilidad de mejorar el aprendizaje de los alumnos en relación a objetivos curriculares específicos, cuando se utilizan los resultados de la investigación sobre el proceso de aprendizaje de los alumnos para informar el diseño del proceso de enseñanza. El estudio se divide en dos fases. Durante la *fase de desarrollo*, grupos de investigadores y profesores de secundaria trabajaron conjuntamente en el diseño, implementación y evaluación de secuencias didácticas. Durante la *fase de transferencia* dos de las secuencias desarrolladas en la primera fase se implementaron por parte de profesores que no habían estado involucrados en su diseño.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

Se diseñaron, implementaron y evaluaron tres secuencias. Cada una de ellas fue diseñada por un grupo de tres profesores y un investigador trabajando conjuntamente. Las secuencias, de 6 horas de duración, y destinadas a alumnos de entre 11 y 14 años, se centraron en ideas básicas sobre la nutrición de las plantas, la estructura corpuscular de la materia y los circuitos eléctricos. Estas áreas se eligieron por existir un cuerpo importante de investigaciones sobre el aprendizaje de dichos conceptos, y un buen número de estudios que

describen el diseño y evaluación de diversos enfoques didácticos para su enseñanza. Por motivos de brevedad, en esta contribución nos referiremos únicamente a la secuencia sobre circuitos eléctricos.

El diseño general de las secuencias toma una perspectiva socioconstructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje (Leach y Scott, 2003), con especial atención a los diferentes enfoques comunicativos que puede usar el profesor en el aula (Mortimer y Scott, 2003).

El diseño siguió los siguientes pasos:

1. Análisis del contenido, tomado como referencia los requisitos del currículum oficial para el nivel escolar escogido.
2. Revisión de la literatura sobre la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos detallados en el primer paso, centrada en la investigación sobre los modelos de razonamiento de los alumnos.
3. Identificación de las *learning demands* (Leach y Scott, 2002), a partir de evaluar las diferencias entre la conceptualización que hacen los alumnos de un concepto determinado, a la luz de las investigaciones existentes, y la perspectiva que sobre el mismo concepto toma la ciencia que se enseña en la escuela.
4. A partir de las *learning demands* identificadas en el paso 3 se pueden derivar objetivos didácticos específicos.
5. Diseño de actividades para abordar los objetivos didácticos de la secuencia. Las actividades deben ser diseñadas teniendo en cuenta toda la estructura de la sesión y de la secuencia en su conjunto, y los problemas prácticos de su implementación en el aula. La secuencia resultante debe ser coherente, de implementación viable y debe poder llevarse a cabo en un tiempo razonable.

Para cada una de las actividades, se propuso un enfoque comunicativo determinado (Mortimer y Scout, 2003). En el material del profesor se hace referencia explícita a estos enfoques comunicativos a través de la utilización de iconos desarrollados con los profesores durante la primera fase de la investigación.

### **Metodología**

Nueve profesores tomaron parte en la fase de desarrollo del proyecto. Todos ellos se encontraban en un periodo temprano o intermedio de su carrera. En todos los casos se trataba de profesores a quienes tanto nosotros como sus colegas consideraban profesionales capaces y entusiastas. Ninguno de ellos tenía experiencia previa en investigación educativa. Las escuelas en las que enseñaban se encuentran en distintas localidades del norte de Inglaterra, comprendiendo des de entornos multiculturales de centros urbanos hasta barrios residenciales acomodados. Los 11 profesores involucrados en la fase de transferencia, y las escuelas en las que trabajaban, tienen un perfil similar a los de la fase de desarrollo. Toda la información previa que recibieron sobre las secuencias se limitó a una breve introducción del material didáctico.

La implementación de las secuencias didácticas se evaluó usando diversos tipos de datos: entrevistas a los profesores después de la implementación de las secuencias. Así mismo, se grabaron en video y audio todas las clases. Estas grabaciones se analizaron en base a cuatro clases de enfoques comunicativos, derivadas de la categorizar la interacción entre profesor y alumnos a lo largo de dos dimensiones: interactivo/no-interactivo y dialógico/autoritativo (Mortimer y Scott, 2003). Las grabaciones de audio y video también se utilizaron para determinar como se introdujeron los distintos conceptos a lo largo de la implementación, pudiendo así estudiar en qué grado los profesores siguieron las secuencias didácticas planificadas. Los resultados de este análisis se discutirán en futuras publicaciones.

Para estudiar el aprendizaje de los alumnos se utilizaron 3 cuestionarios: antes de la intervención, inmediatamente después y tras un lapso de varias semanas. Los pre-tests y los post-test no eran totalmente idénticos por considerarse que algunas preguntas no tenían sentido antes de la intervención. Las preguntas de los cuestionarios están, en su mayoría estructuradas en dos partes, una de predicción y otra de explicación de la respuesta a la primera parte. Las respuestas de los alumnos se codificaron en base a si la predicción era correcta o no, y como medida de hasta qué punto la explicación se basaba en los contenidos conceptuales abordados en la secuencia. Los cuestionarios se administraron a grupos “control” cuyas clases habían seguido el enfoque habitual de la escuela para poder establecer comparaciones. La validez de estos grupos se determinó aplicando el test  $C^2$  a los resultados de los pre-tests.

Presentamos a continuación (Tabla 1) los resultados de los pre y post-tests de los grupos “experimentales” que siguieron la secuencia sobre circuitos eléctricos y de sus grupos de control.

**TABLA 1**  
**Resultados de los pre y post tests en el caso de la secuencia didáctica de física. Los porcentajes están en cursiva.**

	Clases	PRE-TEST (PREDICCIÓN)			PRE-TEST (USO DEL MÓDULO)			POST-TEST (PREDICCIÓN)			POST-TEST (USO DEL MÓDULO)				
		n	Correcto	Incorrecto	n	Consistente	Incompleto	Otros	n	Correcto	Incorrecto	n	Consistente	Incompleto	Otros
Fase de desarrollo	PDS	23	14.6 <i>62.3</i>	8.3 <i>37.7</i>	23	1.0 <i>4.3</i>	5.0 <i>21.7</i>	17.0 <i>73.9</i>	23	21.2 <i>92.0</i>	1.8 <i>8.0</i>	23	1.0 <i>4.3</i>	9.8 <i>42.8</i>	12.2 <i>52.9</i>
	Control	26	20.3 <i>78.2</i>	5.7 <i>21.8</i>	26	4.0 <i>15.4</i>	10.0 <i>38.5</i>	12.0 <i>46.2</i>	26	22.3 <i>85.9</i>	3.7 <i>14.1</i>	26	0.0 <i>0.0</i>	5.5 <i>21.2</i>	20.5 <i>78.8</i>
	PDD1	27	19.3 <i>71.6</i>	7.7 <i>28.4</i>	27	1.0 <i>3.7</i>	12.0 <i>44.4</i>	14.0 <i>51.9</i>	29	25.3 <i>87.3</i>	3.7 <i>12.3</i>	29	4.5 <i>15.5</i>	16.3 <i>56.3</i>	8.2 <i>28.2</i>
	PDD2	28	16.7 <i>59.5</i>	11.3 <i>40.5</i>	28	1.0 <i>3.6</i>	9.0 <i>32.1</i>	18.0 <i>64.3</i>	28	23.8 <i>85.1</i>	4.2 <i>14.9</i>	28	4.3 <i>15.5</i>	10.7 <i>38.1</i>	13.0 <i>46.4</i>
	Control	22	10.3 <i>47.0</i>	11.7 <i>53.0</i>	22	0.0 <i>0.0</i>	8.0 <i>36.4</i>	14.0 <i>63.6</i>	20	19.0 <i>95.0</i>	1.0 <i>5.0</i>	20	0.2 <i>0.8</i>	3.8 <i>19.2</i>	16.0 <i>80.0</i>
	PDA	20	15.7 <i>78.3</i>	4.3 <i>21.7</i>	20	0.0 <i>0.0</i>	6.0 <i>30.0</i>	14.0 <i>70.0</i>	20	19.7 <i>98.3</i>	0.3 <i>1.7</i>	20	5.7 <i>28.3</i>	11.7 <i>58.3</i>	2.7 <i>13.3</i>
	Control	20	17.0 <i>85.0</i>	3.0 <i>15.0</i>	20	0.0 <i>0.0</i>	9.0 <i>45.0</i>	11.0 <i>55.0</i>	20	18.2 <i>90.8</i>	1.8 <i>9.2</i>	20	0.2 <i>0.8</i>	4.8 <i>24.2</i>	15.0 <i>75.0</i>
Fase de transferencia	PTM	28	9.3 <i>33.3</i>	18.7 <i>66.7</i>	28	3.0 <i>10.7</i>	15.0 <i>53.6</i>	10.0 <i>35.7</i>	29	26.7 <i>91.9</i>	2.3 <i>8.1</i>	29	3.5 <i>12.7</i>	14.3 <i>49.4</i>	11.2 <i>38.5</i>
	Control	24	10.0 <i>41.7</i>	14.0 <i>58.3</i>	24	6.0 <i>25.0</i>	11.0 <i>45.8</i>	7.0 <i>29.2</i>	24	18.7 <i>77.8</i>	5.3 <i>22.2</i>	24	0.7 <i>2.8</i>	7.3 <i>30.6</i>	16.0 <i>66.6</i>
	PTJ	24	10.0 <i>41.7</i>	14.0 <i>58.3</i>	24	0.0 <i>0.0</i>	3.0 <i>12.5</i>	21.0 <i>87.5</i>	26	21.0 <i>80.8</i>	5.0 <i>19.6</i>	26	0.3 <i>1.3</i>	7.7 <i>29.5</i>	18.0 <i>69.2</i>
	Control	No disponible													
	PTL	3	2.0 <i>66.7</i>	1.0 <i>33.3</i>	3	0.0 <i>0.0</i>	0.0 <i>0.0</i>	3.0 <i>100</i>	26	23.8 <i>85.3</i>	2.2 <i>14.7</i>	26	1.0 <i>3.9</i>	10.7 <i>41.0</i>	14.4 <i>55.1</i>
	PTR	0	0 <i>0</i>	0 <i>0</i>	0	0 <i>0</i>	0 <i>0</i>	0 <i>0</i>	25	22.2 <i>81.3</i>	2.8 <i>18.6</i>	25	0.5 <i>0.0</i>	9.5 <i>40.0</i>	14.6 <i>60.0</i>
	PTT	25	9.0 <i>36.0</i>	12.0 <i>48.0</i>	25	0.0 <i>0.0</i>	6.0 <i>24.0</i>	19.0 <i>76.0</i>	21	18.0 <i>85.7</i>	3.0 <i>14.3</i>	21	0.8 <i>4.0</i>	6.2 <i>29.4</i>	14.0 <i>66.7</i>
	PTK	27	13.6 <i>56.6</i>	13.3 <i>49.4</i>	27	1.0 <i>3.7</i>	6.0 <i>22.2</i>	20.0 <i>74.1</i>	26	22.8 <i>87.8</i>	2.7 <i>12.2</i>	26	1.3 <i>5.1</i>	9.0 <i>34.6</i>	15.7 <i>60.2</i>
	Control	24	7.3 <i>30.6</i>	16.6 <i>69.4</i>	24	0.0 <i>0.0</i>	6.0 <i>25.0</i>	18.0 <i>75.0</i>	23	16.4 <i>71.0</i>	6.6 <i>29.0</i>	23	0.0 <i>0.0</i>	3.7 <i>15.9</i>	19.3 <i>84.1</i>

Utilizando los resultados de los pre-tests se puede concluir que los grupos “experimentales” y sus grupos de control no muestran diferencias relevantes antes de la intervención ( $\chi^2$ ;  $p>0.01$  en todos los casos, excepto para las predicciones en PDD1 y PDD2).

Los alumnos de los grupos “experimentales” consiguieron mejores resultados que los alumnos de los grupos de control. Este mejor resultado se dio tanto en las predicciones ( $\chi^2$ ;  $p<0.01$  en todos los casos excepto en PDS y PTR) como en las explicaciones ( $\chi^2$ ;  $p<0.001$  para todos los grupos).

Los resultados referentes a las predicciones deben tomarse con cautela por ser las respuestas correctas en todos los grupos superiores al 70% y los porcentajes de mejora observada tras la intervención relativamente modestos (entre el 6% y el 17%). Los resultados referentes a las explicaciones son más claros. Así, por ejemplo, las explicaciones *Consistentes* con el modelo científico fueron menos del 1% de las respuestas al post-test de los alumnos de los grupos de control mientras que en el caso de los alumnos de los grupos “experimentales” se situaron entre el 4.3% y el 28.3% durante la fase de desarrollo, y entre el 3.9% y el 12.7% en la de transferencia.

## **CONCLUSIONES**

En todos los grupos “experimentales” con un grupo de control válido, los resultados de los alumnos fueron significativamente mejores que los de los alumnos de los grupos de control. Ello sugiere que es posible diseñar secuencias didácticas relativamente breves, sustentadas en resultados de investigación sobre enseñar y aprender ciencias, que pueden ser usadas por profesores que no hayan estado involucrados en su diseño resultando en una mejora significativa de la comprensión conceptual de los modelos científicos presentados.

Es importante recalcar que esta intervención no se basó en largos períodos de formación del profesorado sobre los fundamentos teóricos utilizados en el diseño didáctico. Nuestra intención fue intentar influir las acciones de los profesores en el aula a través de la integración de información disponible sobre el aprendizaje de los conceptos tratados y sobre enfoques comunicativos, en el material didáctico, manteniendo un formato que fuese familiar para los profesores británicos.

No creemos que sea posible o deseable controlar las acciones de los profesores haciendo guiones detallados de las clases. Consideramos que el conocimiento profesional del docente se compone de una serie de habilidades, incluyendo las relativas al tratamiento de conceptos y las referentes al establecimiento de relaciones con alumnos, como individuos y como grupo. Todo el conocimiento que se pone en juego para enseñar es a menudo tácito y no puede describirse preceptivamente de antemano. Más que pautas, intentamos que las secuencias didácticas fueran mapas orientativos que indicaran a los profesores cuales son los detalles críticos (Viennot, 2003) del contenido conceptual y propusiese distintas maneras de abordar ese contenido, en el marco de un ejemplo concreto. Se ponen de manifiesto aspectos centrales del contenido conceptual y del enfoque comunicativo, pero corresponde a los profesores tomar sus propias decisiones, y la capacidad de hacer suya la enseñanza.

Los resultados de esta investigación sugieren que el desarrollo del currículo de ciencias y los programas asociados de desarrollo profesional para profesores, centrados en la enseñanza de conceptos científicos claves, e informadas por resultados de investigación, pueden resultar en mejoras de la comprensión conceptual de los alumnos. Más aun, la transformación de resultados de investigación en ejemplos prácticos útiles en el aula, es un método exitoso para disseminar tales resultados entre los profesores. El potencial de este método se ve reforzado por el hecho de que durante la fase de transferencia se lograron mejoras en el aprendizaje de los alumnos sin haber dado a los profesores ningún tipo de formación específica.

### **Agradecimientos**

La red de investigación Evidence-based in Science Education fue financiada por el programa de investigación Teaching and Learning del Economic and Social Research Council. Los autores quieren agradecer al resto de miembros de la red EPSE sus valiosas aportaciones.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BROWN, D. Y CLEMENT, J. (1991) *Classroom teaching experiments in mechanics*. en R. Fuit, F. Goldberg y H. Niedderer (editores): *Research in physics learning theoretical and empirical studies*. Kiel, Alemania: IPN
- LEACH, J. y SCOTT, P. (2002). *Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning*. *Studies in Science Education*, Vol. 38, pp. 115-142.
- LEACH, J. y SCOTT, P. (2003). Learning science in the classroom: Drawing on individual and social perspectives. *Science and Education*, Vol. 12(1), pp. 91-113.
- MORTIMER, E.F. y SCOTT, P.H. (2003). *Meaning making in science classrooms*. Milton Keynes: Open University Press.
- VIENNOST, L. (2003). *Teaching physics*. With the collaboration of U.Besson, F. Chauvet, P. Colin, C. Hirn-Chaine, W. Kaminski, S. Raison. Traducido por M. Greenwood y A. Moisy. Dordrecht. NL: Kluwer Academic.