



## **Investigaciones**

# Metodologías didácticas empleadas en las clases de ciencias y su contribución a la explicación del rendimiento

## Science class teaching methods and their contribution to explaining achievement

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2014-366-271

Javier Gil Flores

*Universidad de Sevilla, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento MIDE. Sevilla. España.*

### Resumen

La formación científica de los ciudadanos es un objetivo común de los sistemas educativos nacionales, por lo que desde los primeros años de escolarización se cursan materias de contenido científico. Uno de los modelos didácticos propuestos ha sido el que se apoya en la investigación realizada por el alumnado. A estos modelos se atribuyen ventajas sobre los modelos de enseñanza tradicionales, en términos del aprendizaje y el interés por las ciencias logrados. El trabajo que presentamos se ha propuesto describir el tipo de actividades realizadas en las clases de ciencias y analizar su relación con el rendimiento del alumnado. Hemos trabajado con datos obtenidos en la edición 2011 de la evaluación TIMSS, promovida por la IEA (Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo, por sus siglas en inglés). La muestra asciende a 4.183 alumnos que estudiaban cuarto de Educación Primaria en 151 centros de todo el territorio nacional. La información disponible sobre ellos incluye su rendimiento en ciencias y la frecuencia con que se realizan determinadas actividades en sus clases de Conocimiento del Medio. Junto a estas variables, se han considerado su interés por las ciencias y el nivel socioeconómico y cultural de las familias. Mediante análisis de componentes principales se han identificado grupos de actividades características de una metodología didáctica tradicional y de una metodología de enseñanza basada en la investigación.

Los resultados muestran una reducida presencia de las metodologías investigativas frente a las metodologías tradicionales en las clases de ciencias. En general, estas metodologías cumplen un papel poco relevante en la explicación del rendimiento, a diferencia de lo que ocurre con las variables relativas al interés por las ciencias o al nivel socioeconómico y cultural. No obstante, la contribución de las metodologías tradicionales llega a ser significativa en cuanto al aprendizaje de hechos y conceptos científicos. Finalmente, se reflexiona sobre estos resultados, formulando alguna propuesta sobre la enseñanza de las ciencias en Educación Primaria.

*Palabras clave:* enseñanza de las ciencias, métodos de enseñanza, rendimiento en ciencias, pruebas estandarizadas, Educación Primaria.

### **Abstract**

It is a common goal of national education systems to see to it that citizens receive a scientific education. Accordingly, courses containing scientific subject matter are taught from the earliest years of school. One of the many models proposed for teaching science is based on student research. Research-based models are attributed with advantages over traditional teaching models in terms of learning and encouraging an interest in science. This study describes the types of activities conducted in science classes and analyzes their relationship with student achievement. We worked with data from the IEA's 2011 TIMSS assessment. The sample contained 4,183 fourth-grade elementary school students at 151 schools nationwide. The information available about them included their achievement level in science and the frequency with which they performed certain activities in science class. Student interest in science and family socioeconomic and cultural level were also considered as variables. Using principal component analysis, we identified groups of activities characteristic of traditional teaching methods and groups of activities characteristic of research-based teaching methods.

The results showed that traditional methods outnumber the research-based methods used in science class. The role of method in explaining achievement is generally irrelevant; the variables of interest in science and socioeconomic and cultural level are, however, quite relevant. The contribution of traditional methods to the learning of scientific facts and concepts is significant. The closing reflections contain a number of proposals about teaching science in elementary school.

*Key words:* science education, teaching methods, science achievement, standardized tests, elementary education.

## Introducción

El progreso de las sociedades modernas se apoya en buena medida sobre su avance científico y tecnológico, de tal modo que la formación en ciencias constituye una de las bases sobre las que sustentar el desarrollo del capital humano capaz de posibilitar el progreso económico y social de un país. Además, para los ciudadanos en general, el desarrollo de la competencia científica aporta los elementos necesarios para comprender y desenvolverse con éxito en el mundo que los rodea. Estas ideas suscitan un consenso generalizado a nivel internacional y provocan que un objetivo común de los sistemas educativos nacionales sea la alfabetización científica de los ciudadanos y la promoción de su interés por las ciencias (Comisión Europea, 2007). Con el logro de este objetivo, se facilita una adecuada comprensión de los problemas ambientales, médicos, económicos y de otra naturaleza, planteados en las modernas sociedades, y que están ligados a un conocimiento científico y tecnológico de creciente complejidad. De acuerdo con este planteamiento, la competencia en ciencia y tecnología figura entre las competencias clave que orientan el diseño curricular en los sistemas educativos, lo cual da lugar a la presencia de materias de contenido científico desde los primeros años de la escolarización obligatoria.

La importancia de este ámbito de competencias en la formación ofrecida a nuestros jóvenes va unida a una preocupación por garantizar su éxito, centrando el interés en determinar qué deben aprender los alumnos y cómo debería facilitarse su aprendizaje. En particular, la metodología de enseñanza es una de las variables consideradas en los modelos de eficacia escolar, en los que la formación del profesor en estrategias didácticas, su concepción sobre la enseñanza o su actuación en clase representan variables que es preciso tener en cuenta. Desde el punto de vista didáctico, una vía ampliamente aceptada para favorecer entre los estudiantes la construcción del conocimiento y la comprensión de la ciencia es precisamente el uso de la investigación. Una enseñanza basada en la investigación implica la observación de la realidad para formular problemas, identificar posibles alternativas para su resolución, planificar investigaciones, recoger información, construir modelos, debatir con los compañeros y elaborar argumentaciones (Linn, Davis y Bell, 2004). En nuestro país, desde las primeras etapas educativas, el currículum oficial propone que los estudiantes se impliquen en procesos de investigación,

haciendo de la propia investigación un eje importante de las metodologías de enseñanza en las materias de contenido científico. Entre las orientaciones metodológicas para la enseñanza en el área de Conocimiento del Medio, el currículo oficial de Educación Primaria (EP) sugiere permitir que los alumnos aprendan trabajando, adquieran conocimientos respondiendo a preguntas que se formulan, planifiquen lo que se va a hacer, elaboren pequeños proyectos y los lleven a cabo, extraigan y comuniquen conclusiones (Orden ECI/2211/2007).

La adopción de una metodología didáctica basada en la investigación estaría respaldada por sus beneficios para el alumnado. Diversas son las revisiones y síntesis realizadas sobre trabajos centrados en valorar la eficacia de determinados enfoques metodológicos empleados en las clases de ciencias. La revisión de Wise y Okey (1983), sobre estudios publicados durante tres décadas, identificó un abanico de métodos y técnicas empleados por los docentes desde Primaria hasta postsecundaria, que contaban con el denominador común de introducir elementos renovados, con especial relevancia de la participación del alumnado en experiencias de investigación. Los resultados de esta revisión indicaron que, frente a la enseñanza tradicional basada en la explicación del profesor y en un currículo centrado en el libro de texto, las técnicas alternativas conducían a resultados superiores en cuanto al rendimiento del alumnado en ciencias. Un trabajo posterior de Wise (1996), restringido a niveles de Educación Secundaria, comparó estrategias que utilizaban la investigación como base con las estrategias docentes tradicionales y constató la superioridad de las metodologías basadas en la investigación en lo que respecta al rendimiento en ciencias logrado por los estudiantes.

Entre los análisis más recientes se encuentra el de Seidel y Shavelson (2007), que han partido de un modelo cognitivo de los procesos de enseñanza-aprendizaje para detectar los componentes de una enseñanza eficaz en matemáticas y ciencias. Tras revisar trabajos del contexto europeo y norteamericano, aparecidos entre los años 1995 y 2004, destacaron por su eficacia en la enseñanza de las ciencias lo que denominan un «procesamiento de la información en dominios específicos». Este componente implica actuaciones del profesor dirigidas a proporcionar oportunidades para procesar información sobre temas concretos, recurriendo a actividades de investigación científica. Su eficacia parece probada en lo que respecta tanto al rendimiento en ciencias como a las actitudes positivas hacia las ciencias.

Otra revisión es la llevada a cabo por Schroeder, Scott, Tolson, Huang y Lee (2007) sobre trabajos publicados en Estados Unidos entre 1980 y 2004. Usando técnicas de metaanálisis, valoraron el efecto de diferentes metodologías docentes en el rendimiento en ciencias alcanzado en los niveles de Educación Secundaria. Entre las más efectivas se situaron el trabajo colaborativo de los estudiantes (organizados en grupos para trabajar en ejercicios de laboratorio, proyectos de investigación, discusiones) y los métodos basados en la investigación (formulación de problemas y recogida de datos por parte de los estudiantes mediante investigaciones o experiencias de laboratorio). A través de diseños experimentales o cuasiexperimentales, este tipo de enfoques metodológicos mostraron un efecto positivo en el rendimiento, en comparación con el logro mediante métodos tradicionales aplicados a grupos de control.

El reciente metaanálisis llevado a cabo por Minner, Levy y Century (2010), en el que estudian trabajos publicados entre 1984 y 2002, indica que en una amplia mayoría de los casos la utilización de enfoques metodológicos basados en la investigación se relaciona positivamente con el conocimiento de ciencias logrado por los estudiantes de Secundaria. Las estrategias docentes que implican activamente al alumno en el proceso de aprendizaje a través de la investigación se vinculan a una mayor comprensión conceptual y superan a las estrategias ligadas a técnicas que confieren al estudiante un papel más pasivo.

Además de los beneficios en términos de rendimiento, la eficacia de las metodologías docentes habrían de ser valoradas en relación con la motivación y el interés suscitado entre el alumnado. En este sentido, la enseñanza basada en un modelo de investigación escolar generaría mejores resultados. La participación en trabajos prácticos, de campo o de laboratorio, la realización de observaciones y experimentos tiene un efecto motivador para el alumnado de ciencias, que mayoritariamente considera este tipo de métodos como uno de los más agradables y útiles. El empleo de una metodología de enseñanza basada en la investigación permitiría hacer frente a la progresiva pérdida de interés por las ciencias que diferentes estudios han venido constatando entre los alumnos. Si bien al inicio de la Educación Primaria se podría contar con una curiosidad natural del alumnado por los fenómenos naturales, el avance en la escolarización va acompañado de un declive en el interés que suscita la ciencia y su aprendizaje (Yager y Penick, 1986; Gibson y Chase, 2002; Vázquez y

Manassero, 2008; Osborne, Simon y Collins, 2003; Vedder-Weiss y Fortus, 2012), que se ve agravado durante la Educación Secundaria (Doherty y Dawe, 1988; George, 2006; Barmby, Kind y Jones, 2008). Incluso considerando las sucesivas cohortes de alumnado de un mismo nivel escolar, en las últimas décadas se ha observado en un número amplio de países un progresivo deterioro en las actitudes hacia las ciencias (Ruthven, 2011). Las consecuencias de esta desafección por las ciencias son una menor implicación de los escolares en su aprendizaje y, posteriormente, una disminución de las vocaciones científicas que se refleja en el reducido número de individuos dispuestos a elegir estudios universitarios científicos.

La revisión de la literatura aquí comentada parece apuntar consistentemente hacia una superioridad de los métodos de enseñanza de las ciencias basados en actividades de investigación, si bien los trabajos que han servido de base se han centrado prioritariamente en el nivel de Educación Secundaria. Por ello, cabría plantearse qué resultados logra este tipo de enfoques metodológicos cuando nos situamos en niveles de Enseñanza Primaria, en los que se pretende la adquisición de conceptos básicos de la ciencia que han de servir como punto de partida para la implicación activa de los estudiantes en procesos de construcción del conocimiento científico. Nos hemos basado en la información recogida acerca de la frecuencia con que los profesores proponen a sus alumnos determinadas actividades o tareas en las clases de Conocimiento del Medio, impartidas en cuarto de Educación Primaria. Parte de esas actividades encajarían en un enfoque metodológico basado en la investigación escolar. Analizando esta información, nos hemos planteado como objetivos caracterizar los enfoques metodológicos empleados por el profesorado y valorar la existencia de una posible vinculación entre el empleo de tales metodologías y el rendimiento en ciencias, contrastando el papel de las metodologías didácticas en la explicación del rendimiento en ciencias logrado por el alumnado en etapas tempranas de su escolarización.

## Método

### Diseño de investigación

Hemos adoptado un diseño *ex post facto*, de carácter descriptivo y correlacional. Los datos utilizados son los correspondientes a escolares españoles que participaron en la edición 2011 de la evaluación TIMSS (Trends in International Mathematics and Sciences Study), promovida por la IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement) para ofrecer datos comparativos internacionales en los que basar la mejora de la enseñanza y el aprendizaje en áreas básicas del currículo durante los primeros años de escolarización. La evaluación TIMSS se centra en el rendimiento en matemáticas y ciencias, y facilita a los países participantes información sobre el progreso del rendimiento educativo y sobre los contextos sociales y educativos, como base para la adopción de medidas dirigidas a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje en estas áreas del currículum (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan y Preuschoff, 2009). Al igual que otras evaluaciones internacionales, TIMSS ha dado lugar a una serie de evaluaciones que se vienen realizando desde 1995 con una periodicidad cuatrienal. Nuestro país participó en la primera evaluación (1995) y es uno de los 63 países participantes en la edición actual (2011). Para esta última evaluación, España ha centrado el estudio únicamente en el alumnado de cuarto de Educación Primaria.

La evaluación del rendimiento en ciencias que realiza TIMSS se concreta en tres dominios de contenido (ciencias de la vida, ciencias físicas y ciencias de la Tierra), así como en tres dominios o procesos cognitivos que hacen referencia a conocimiento, aplicación y razonamiento (INEE, 2012). Además de medir el rendimiento en matemáticas y ciencias a través de pruebas escritas, TIMSS recoge información sobre un amplio conjunto de variables contextuales, mediante la aplicación de cuestionarios a los estudiantes, padres, profesores, directores escolares y especialistas que informan sobre las políticas educativas y los contextos nacionales<sup>1</sup>. Tomando como unidad de análisis los alumnos participantes en la evaluación, hemos extraído de esta base sus puntuaciones globales en ciencias y en cada uno de sus dominios cognitivos, junto con algunos datos aportados por los propios

---

<sup>(1)</sup> La base de datos generada se encuentra disponible en <http://timss.bc.edu/timss2011/international-database.html>.

alumnos, sus padres y profesores. Concretamente, hemos considerado datos que informan sobre actitudes del alumnado, características de las familias y de los hogares, o sobre las prácticas docentes en las clases de ciencias, considerándolos atributos de los estudiantes que pueden ser analizados en conjunción con sus datos de rendimiento.

La muestra utilizada ha sido la totalidad de alumnado español participante en la evaluación TIMSS 2011. Este colectivo asciende a 4.183 sujetos que estudiaban cuarto de Educación Primaria en 151 centros de todo el territorio nacional. De estos, el 49,2% eran niñas y el 50,8% niños. Partiendo de la población de alumnado de cuarto, el procedimiento aplicado en TIMSS supone un muestreo estratificado por comunidades autónomas y según el carácter público o privado de los centros, con una posterior selección de grupos de clase dentro de estos centros. Teniendo en cuenta los tamaños de los grupos de clase y los centros, a cada individuo seleccionado se le asigna un peso muestral para corregir las diferencias entre individuos en lo que respecta a la probabilidad de ser elegido (para más detalle, puede consultarse Joncas y Foy, 2011). Las pruebas escritas de ciencias y los cuestionarios a alumnos, profesores y familias fueron administrados entre marzo y mayo de 2011.

## Variables

Como variables dependientes hemos considerado las que informan acerca del rendimiento en ciencias. En TIMSS, el rendimiento en ciencias se mide a través de pruebas escritas estandarizadas, que constan de cuestiones de elección múltiple y de construcción de respuestas. Las respuestas de los examinados permiten estimar su puntuación recurriendo a modelos de la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI), con posterior traslado a una escala construida a partir de los resultados de la primera edición de TIMSS, en 1995. En dicha escala se hace corresponder el valor 500 con la media de todos los países participantes y se establece una desviación típica de 100. El uso de una métrica común en sucesivos estudios TIMSS hace posible valorar los progresos a lo largo del tiempo. Las variables dependientes utilizadas son cuatro, constituidas por el rendimiento en la escala global de ciencias y el rendimiento logrado en cada una de las escalas correspondientes a los tres dominios cognitivos: conocimiento, aplicación y razonamiento.

Entre las variables independientes consideradas en el estudio, se encuentran las referidas a actividades propuestas en clase. Hemos trabajado con ítems del cuestionario a profesores y hemos construido posteriormente índices obtenidos mediante su reducción a factores. Las variables de partida se corresponden con nueve ítems que informan sobre la frecuencia con que el profesorado propone determinadas actividades en las clases de ciencias: «observar fenómenos naturales como el clima o cómo crece una planta y describir lo que ven»; «mirar cómo realizo yo un experimento o una investigación»; «diseñar o planear experimentos o investigaciones»; «llevar a cabo experimentos o investigaciones»; «leer libros de texto u otros recursos»; «hacer que los alumnos memoricen hechos y leyes»; «ofrecer explicaciones sobre algo que están estudiando»; «relacionar lo que están aprendiendo en ciencias con su vida cotidiana»; «realizar trabajo de campo fuera de la clase». Para cada una de estas tareas, el profesor debía responder de acuerdo con una escala de cuatro puntos: «en todas o casi todas las clases», «más o menos en la mitad de las clases», «en algunas clases» y «nunca».

Otras variables independientes son las que provienen de la información contextual recogida mediante los cuestionarios a estudiantes y familias, y hacen referencia a aspectos que consideramos relevantes en la explicación del rendimiento. En los cuestionarios aplicados en TIMSS 2011 se incluyen grupos de cuestiones que tratan acerca de un mismo constructo y cuyas respuestas individuales pueden ser combinadas para crear una única puntuación. En el presente estudio hemos utilizado como variables independientes dos de estas variables derivadas, las cuales son ofrecidas por la IEA en la base de datos para TIMSS 2011. Su construcción parte de una exploración de la unidimensionalidad y fiabilidad de los grupos de ítems contenidos en la escala, para posteriormente transformar la suma de puntuaciones obtenidas a puntuaciones Rasch con media 10 y desviación típica 2 en el conjunto de la muestra internacional participante (véase, para más detalle, Martin, Mullis, Foy y Arora, 2011). En definitiva, junto a la información sobre estrategias didácticas, las variables consideradas son las siguientes:

- *Gusto por el aprendizaje de las ciencias.* La relación entre las actitudes hacia las ciencias y el rendimiento en ciencias ha sido comprobada en sucesivos estudios TIMSS (Martin, Mullis, Foy y Stanco, 2012), y está respaldada por un elevado número de investigaciones.

En este sentido, podría consultarse el metaanálisis de Hattie (2009), en el que se manejan casi trescientos trabajos sobre la relación entre actitudes y rendimiento. Un aspecto importante de las actitudes se recoge en la motivación intrínseca que representa el gusto y disfrute experimentado por el estudiante ante las ciencias y su estudio. La puntuación en la escala Gusto por el aprendizaje de las ciencias se basa en las respuestas de los estudiantes al expresar su grado de acuerdo respecto a cinco afirmaciones: «disfruto aprendiendo ciencias», «me gustaría no tener que estudiar ciencias», «las ciencias son aburridas», «aprendo muchas cosas interesantes en ciencias» y «me gustan las ciencias».

- *Recursos familiares para el aprendizaje.* La vinculación establecida desde los años sesenta entre el nivel socioeconómico de las familias y el rendimiento escolar (Coleman et ál., 1966; White, 1982) sigue confirmándose en estudios recientes (Caro, McDonald y Willms, 2009; Desert, Preaux y Jund, 2009; Van Ewijk y Slegers, 2010), por lo que las variables que informan sobre esta característica del contexto familiar han de considerarse en la explicación del rendimiento. La escala de Recursos familiares para el aprendizaje se construye en TIMSS a partir de los indicadores habitualmente utilizados para medir el estatus socioeconómico de las familias: nivel educativo de los padres, nivel ocupacional de los padres, número de libros en el hogar, número de libros infantiles en el hogar, disponibilidad de habitación propia y disponibilidad de conexión a Internet. La inclusión, en esta escala, de los niveles educativos y ocupacionales de los padres se justifica por el hecho de que elevados niveles en este ámbito llevan a un alto estatus socioeconómico, mayor poder adquisitivo y a más recursos en el hogar, al tiempo que un elevado nivel educativo de los padres supone mayores expectativas educativas sobre los hijos y mayores posibilidades de apoyo en su aprendizaje.

## **Análisis de datos**

El análisis de los datos ha partido de una descripción de las nueve variables relativas a actividades propuestas en las clases de ciencias. Para ello se han construido las respectivas distribuciones de frecuencias y se han calculado

estadísticos como la media y la desviación típica. Usando la técnica del análisis de componentes principales para datos categóricos (*categorical principal component analysis*: CATPCA), hemos reducido las nueve variables a dos factores o dimensiones, que pueden identificarse con sendos enfoques metodológicos en la enseñanza de las ciencias. A diferencia del análisis de componentes principales convencional, CATPCA es un análisis apropiado cuando las variables son categóricas u ordinales, como en este caso, al no asumir relaciones lineales entre los datos ni requerir que estos se distribuyan siguiendo un modelo normal multivariante. Tomando las puntuaciones en las dimensiones obtenidas, se ha dividido a los sujetos en cuatro grupos que corresponden a cuatro niveles con que los enfoques metodológicos identificados están presentes en las aulas. Para cada grupo se han calculado los niveles de rendimiento medio logrados en ciencias y estos se han representado mediante diagramas de barras. Finalmente, el análisis de regresión lineal múltiple ha permitido valorar la importancia de los enfoques metodológicos frente a otros factores habituales en la explicación del rendimiento en ciencias, como son el factor actitudinal y el factor socioeconómico.

En todos los análisis, los sujetos han sido ponderados de acuerdo con el diseño muestral de TIMSS. Además, cuando han estado implicadas variables de rendimiento en ciencias, se ha trabajado con valores plausibles, metodología habitual en las evaluaciones a gran escala (Wu, 2005). Se ha recurrido al programa IDB Analyzer (IEA, 2012), ofrecido por la IEA para la explotación de las bases de datos TIMSS y PIRLS. Este software genera macros ejecutables con SPSS, trabajando con cinco valores plausibles atribuidos a cada individuo en las variables de rendimiento y teniendo en cuenta los pesos muestrales aplicables a cada caso.

## Resultados

### Actividades propuestas al alumnado en las clases de ciencias

De acuerdo con las respuestas del profesorado (véase la Tabla 1), entre las actividades que más frecuentemente se solicitan al alumnado en las clases

de ciencias destacan establecer relaciones entre lo que aprenden y la vida cotidiana, y ofrecer explicaciones sobre lo que están estudiando. Ambas tareas se exigen en casi todas las clases a tres de cada cuatro alumnos (77,15% y 75,48% respectivamente en la modalidad que representa máxima frecuencia). Destaca también la lectura de libros de texto u otros recursos, que se solicita a más de la mitad de los alumnos (53,36%) en todas o casi todas las clases de ciencias. Para la mayor parte del alumnado, la memorización de hechos y leyes está presente en la mitad o más de sus clases de ciencias (73,92%, acumulado entre las dos modalidades superiores de la escala de frecuencia).

**TABLA I.** Frecuencia de las actividades propuestas al alumnado en clases de ciencias

	Nunca	En algunas clases	Más o menos en la mitad de las clases	En todas o casi todas las clases
Observar fenómenos naturales como el clima o cómo crece una planta y describir lo que ven	,61	47,05	29,89	22,45
Mirar cómo realizo yo un experimento o una investigación	16,02	71,87	10,86	1,25
Diseñar o planear experimentos o investigaciones	16,66	74,36	6,77	2,20
Llevar a cabo experimentos o investigaciones	14,42	78,79	5,37	1,41
Leer libros de texto u otros recursos	2,24	23,84	20,56	53,36
Hacer que los alumnos memoricen hechos y leyes	5,21	36,33	31,98	26,49
Ofrecer explicaciones sobre algo que están estudiando	,00	6,31	18,21	75,48
Relacionar lo que están aprendiendo en ciencias con su vida cotidiana	,00	5,00	17,84	77,15
Realizar trabajo de campo fuera de la clase	20,90	67,37	8,28	3,44

Frente a estas actividades solicitadas con elevada frecuencia, las menos solicitadas son la realización de trabajos de campo fuera de la clase (al

20,9% del alumnado no se le propone nunca), junto con la demostración, planificación o realización de experimentos e investigaciones, que no se plantea nunca o solo en algunas clases a un porcentaje de alumnado que se aproxima o supera el 90%.

## Enfoques metodológicos en las clases de ciencias

Hemos recurrido al análisis de componentes principales categórico (CATPCA) para reducir a factores las diferentes tareas solicitadas en las clases de ciencias. Con el modelo bidimensional obtenido se logró explicar un 51,23% de la varianza. En la Tabla II mostramos este resultado, junto con el coeficiente de consistencia interna Alpha de Cronbach para cada dimensión y para la combinación de ambas.

TABLA II. Resumen del modelo catpca aplicado a la frecuencia de actividades en las clases de ciencias

Dimensión	Alpha de Cronbach	VARIANZA EXPLICADA	
		Total (autovalores)	% de varianza
1	,753	3,021	33,57
2	,417	1,590	17,67
<b>Total</b>	<b>,881</b>	<b>4,611</b>	<b>51,23</b>

En el análisis CATPCA, la rotación ortogonal de los componentes o factores facilita su interpretación (Linting, Meulman, Groenen y Van der Kooij, 2007). Tras realizar una rotación varimax con este objetivo, los pesos obtenidos para cada variable en los dos componentes se muestran en la Tabla III. Simplificando la presentación, se han excluido de la tabla los pesos inferiores a 0,30.

Las variables con mayor peso en la primera dimensión son las que implican diseñar y llevar a cabo experimentos o investigaciones, o bien mirar cómo los realiza el profesor. Aunque con menor peso, también presentan sus mayores saturaciones en esta dimensión la realización de trabajo de campo o la observación y descripción de fenómenos naturales.

Este conjunto de tareas solicitadas en las clases de ciencias puede identificarse con un *enfoque metodológico basado en la investigación*, de tal manera que al alumnado con puntuaciones altas en el primer factor se estarían solicitando este tipo de actividades con mayor frecuencia, mientras que a alumnos con puntuaciones bajas correspondería una presencia menos frecuente de actividades de investigación en sus clases.

En cuanto a la segunda dimensión, las variables con mayores pesos hacen referencia a dar explicaciones sobre lo estudiado, memorizar hechos y leyes, relacionar lo que aprenden con su vida cotidiana o leer libros de texto u otros recursos. Todas estas actividades permiten caracterizar la segunda dimensión con un *enfoque metodológico tradicional*, de modo que la puntuación lograda en el segundo factor informaría sobre una mayor o menor presencia de este en las clases de ciencias.

TABLA III. Matriz de componentes rotados para la solución CATPCA

	Componente	
	1	2
Diseñar o planear experimentos o investigaciones	,921	
Llevar a cabo experimentos o investigaciones	,875	
Mirar cómo realizo yo un experimento o una investigación	,714	
Realizar trabajo de campo fuera de la clase	,584	
Observar fenómenos naturales como el clima o cómo crece una planta y describir lo que ven	,526	
Ofrecer explicaciones sobre algo que están estudiando		,795
Hacer que los alumnos memoricen hechos y leyes		,694
Relacionar lo que están aprendiendo en ciencias con su vida cotidiana		,648
Leer libros de texto u otros recursos		,444

### Enfoques metodológicos y rendimiento en ciencias

Para explorar los niveles de rendimiento que alcanza el alumnado español en función de los enfoques metodológicos empleados en las clases de ciencias nos hemos basado en las puntuaciones factoriales obtenidas en el

enfoque basado en la investigación y en el enfoque tradicional. Las puntuaciones en ambos enfoques se han categorizado en cuatro niveles, tomando como puntos de corte los cuartiles de sus respectivas distribuciones. Así, el total de sujetos que han participado en el estudio queda dividido en cuatro grupos de tamaño similar, diferenciados entre sí por el grado en que están presentes en sus clases las actividades propias de los enfoques basado en la investigación o tradicional, según el caso.

La Tabla IV recoge las puntuaciones medias para el rendimiento en ciencias y en cada uno de los tres dominios cognitivos diferenciados en TIMSS. Los resultados muestran una tendencia a que el rendimiento en ciencias se incremente ligeramente al elevarse el nivel de utilización de un enfoque metodológico basado en la investigación, mientras que retrocede de manera apreciable cuando se emplea con el mayor nivel de frecuencia. Este comportamiento es similar para las puntuaciones en la escala global y en cada dominio cognitivo. Para el enfoque metodológico tradicional, una mayor presencia de este en las clases de ciencias se asocia a un mayor rendimiento. En este caso, el gradiente de crecimiento es mayor que para el enfoque basado en la investigación, al tiempo que el incremento registrado se mantiene para los niveles más altos de utilización. Entre quienes se sitúan en el primer y cuarto nivel, llega a registrarse una diferencia de rendimiento superior a los 11 puntos, como ocurre para la subescala de conocimiento (510,07 en el primer nivel frente a 521,79 en el cuarto).

TABLA IV. Rendimiento en ciencias en función del grado con que se utilizan diferentes enfoques metodológicos en las clases

ENFOQUE METODOLÓGICO	NIVEL DE UTILIZACIÓN			
	1.º nivel	2.º nivel	3.º nivel	4.º nivel
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	<i>Puntuación en la escala global de ciencias</i>			
	502,25	505,69	508,93	504,80
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	500,66	502,40	509,29	509,26
	<i>Puntuación en la subescala de conocimiento</i>			
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	514,02	516,83	519,47	515,71
	510,07	512,32	521,81	521,79
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	<i>Puntuación en la subescala de aplicación</i>			
	496,56	499,03	502,27	497,38
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	495,85	495,29	502,18	501,86
	<i>Puntuación en la subescala de razonamiento</i>			
<b>Basado en la investigación Tradicional</b>	494,60	496,26	497,44	495,73
	491,89	493,45	499,43	499,25

Para valorar el papel que la metodología didáctica empleada en clase desempeña en la explicación del rendimiento en ciencias registrado entre el alumnado de cuarto de EP, hemos llevado a cabo una regresión de las variables de rendimiento sobre los enfoques metodológicos identificados. Para contrastar la importancia de ambas estrategias como predictores, hemos incluido en la ecuación de regresión otras variables asociadas al rendimiento escolar, como son el gusto por el aprendizaje de las ciencias y los recursos familiares para el aprendizaje. Este conjunto de predictores se incluye en el modelo de regresión para las puntuaciones en la escala global de ciencias y en los tres dominios cognitivos considerados (véase la Tabla v).

**TABLA V.** Coeficientes y estadístico *t* para la regresión del rendimiento en ciencias sobre los enfoques metodológicos, teniendo en cuenta otros factores del rendimiento

	CIENCIAS			DOMINIOS COGNITIVOS								
				Conocimiento			Aplicación			Razonamiento		
	<i>b</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>b</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>b</i>	$\beta$	<i>t</i>	<i>b</i>	$\beta$	<i>t</i>
(Constante)	313,830			303,413			296,219			328,803		
Estrategia basada en la investigación	,269	,004	,100	,557	,007	,164	,011	,000	,002	,537	,008	,181
Estrategia tradicional	3,620	,053	1,506	4,247	,055	1,856*	1,968	,027	,787	2,490	,036	1,072
Gusto por el aprendizaje de las ciencias	3,897	,116	5,096**	4,875	,130	6,653**	3,960	,111	3,792**	2,676	,080	1,787*
Recursos familiares para el aprendizaje	15,592	,376	18,497**	16,819	,363	18,982**	16,586	,377	17,637**	14,322	,347	14,572**

(\*)  $p \leq 0,05$ ; (\*\*)  $p \leq 0,01$ .

La proporción de varianza explicada por el modelo de regresión queda reflejada en el valor de  $R^2$ , que se ha situado en 0,165 (ciencias), 0,159 (conocimiento), 0,162 (aplicación) y 0,134 (razonamiento). Atendiendo a los coeficientes, la mayor contribución a la explicación del rendimiento en ciencias corresponde a los recursos familiares (coeficientes que se aproximan o superan el valor 0,350 en los cuatro modelos) y al gusto por el aprendizaje de las ciencias (coeficientes comprendidos entre 0,080 y 0,130). En general, el efecto de las metodologías didácticas no ha resultado especialmente significativo en la explicación del rendimiento en ciencias. No obstante, mientras la contribución del enfoque metodológico basado en la investigación es prácticamente nulo (valores  $\beta$  entre 0,000 y 0,008), se aprecia cierto efecto positivo ( $\beta$  llega a superar el valor 0,050) del enfoque tradicional. Este efecto no resulta significativo en la escala global de ciencias, con un valor de  $t = 1,506$ , que es próximo al valor crítico, pero sí en el caso de las puntuaciones obtenidas en la subescala de conocimiento, donde contamos con un valor de  $t = 1,856$  ( $p \leq 0,05$ ). Por tanto, el incremento de la frecuencia con que se emplean en las clases actividades propias de un enfoque metodológico tradicional se asocia a una mejora del rendimiento del alumnado, en lo que respecta al conocimiento de hechos, procedimientos y conceptos científicos.

## Discusión y conclusiones

Respondiendo al primero de los objetivos planteados en el presente estudio, podemos caracterizar la enseñanza de las ciencias al alumnado español de cuarto de EP por la elevada presencia de actividades propias de una metodología didáctica tradicional. Frente a estas, resultan minoritarias las tareas identificadas con un enfoque metodológico basado en la investigación del alumnado. Esto viene a corroborar la reflexión que un grupo de expertos europeos realizó al analizar la situación de la enseñanza de las ciencias en los países de nuestro contexto: a pesar de que desde ámbitos académicos se coincide en señalar que un enfoque pedagógico basado en la investigación resultaría más efectivo, la realidad en las aulas de la mayoría de los países europeos es que estos métodos no se llevan a la práctica (Comisión Europea, 2007). Entre las posibles razones se

encuentra el coste que supone la realización de trabajos prácticos de campo o laboratorio, junto con la necesaria preparación específica de los docentes para este tipo de enfoques. Una formación no suficientemente especializada en ciencias puede hacer que el docente opte por métodos basados en la memorización y en el trabajo a partir de actividades planteadas por el libro de texto, antes que en la observación y experimentación, que requieren mayor profundidad en la comprensión de los contenidos científicos. Más allá de la especialización científica, se ha señalado la importancia de las concepciones del profesorado, como obstáculo que es necesario superar. El estudio de Rivero, Azcárate, Porlán, Martín y Harres (2011) mostró que la formación inicial del profesorado puede conseguir una progresión de sus concepciones didácticas desde modelos centrados en el profesor hacia modelos centrados en los alumnos, si bien los futuros profesores no llegan a asumir un verdadero enfoque metodológico basado en la investigación.

En relación con nuestro segundo objetivo, al valorar la aportación de las metodologías didácticas empleadas en las clases de ciencias a la explicación del rendimiento, se ha encontrado que el efecto de aquellas es poco relevante frente al de otras variables relativas a aspectos actitudinales o socioeconómicos. Los resultados indican que las actividades propias de una metodología tradicional pueden llegar a suponer una cierta mejora de los conocimientos del alumnado. En cambio, el énfasis en las tareas próximas a la investigación en las clases de Conocimiento del Medio no parece corresponderse con una ganancia en términos de rendimiento. Es posible localizar en la literatura trabajos que llegan a una conclusión similar, especialmente en lo que respecta a los conceptos aprendidos (Jackman y Moellenberg, 1987; Watson, Prieto y Dillon, 1995). Sin embargo, como exponíamos en la introducción del presente estudio, la mayor parte de los trabajos previos sobre el tema apuntan en la dirección opuesta.

Estos resultados se pueden explicar a partir de diferentes consideraciones. Podríamos tener en cuenta el modo en que se ha definido la variable rendimiento, obtenida como puntuación asignada a los sujetos al medir su competencia científica mediante pruebas escritas estandarizadas. En comparación con las evaluaciones PISA, que ponen el énfasis en un concepto amplio de competencia científica, el estudio TIMSS emplea una medición del rendimiento más apegada a los contenidos cognitivos curriculares. En revisiones sobre el tema, Hofstein y Lunetta

(2004) concluyeron que, cuando se utilizan pruebas de lápiz y papel, el recurso a metodologías como el trabajo de laboratorio en las clases de ciencias no ofrece una ventaja significativa en la adquisición de conceptos científicos por parte de los estudiantes. Parece que una evaluación basada en medidas tradicionales del rendimiento no capta la amplitud de efectos de las metodologías innovadoras, evidenciados en otros estudios.

También cabría plantear, por tanto, que aunque no se hayan confirmado posibles beneficios en cuanto a aprendizaje de conceptos y procedimientos de la ciencia, el uso de enfoques metodológicos basados en la investigación puede tener otros efectos positivos. Por ejemplo, se ha destacado su influencia en la motivación de los estudiantes (Palmer, 2009). Especialmente en los primeros años de escolarización, un contacto positivo con las ciencias es fundamental para el desarrollo de actitudes positivas hacia este ámbito; de hecho, se ha señalado, precisamente, la utilización de métodos de enseñanza tradicionales como una de las causas que contrarrestan la curiosidad natural de los individuos jóvenes por los fenómenos científicos. Frente al descenso constatado por diferentes autores en el gusto e interés de los escolares por las ciencias a medida que avanzan en su escolarización (Osborne, Simon y Collins, 2003), pueden ser relevantes propuestas como las de Vedder-Weiss y Fortus (2012) o Swarat, Ortony y Revelle (2012), quienes analizan los factores asociados a este fenómeno para plantear vías para prevenirlo, parte de las cuales se apoyan en el papel del profesor y en los métodos de enseñanza que emplea.

Por último, la mayor parte de la literatura previa ha constatado los efectos de una metodología didáctica cercana al modelo de enseñanza por investigación, centrándose en el nivel de Educación Secundaria antes que en los primeros años de escolarización. Nuestros resultados nos llevan a moderar el optimismo sobre la eficacia de estos enfoques metodológicos cuando nos situamos en la Educación Primaria, donde no queda evidenciado que la realización de actividades relacionadas con la investigación genere una mayor comprensión de conceptos. Más bien al contrario, son las actividades propias de métodos tradicionales las que muestran más eficacia en lo que respecta al aprendizaje de hechos, procedimientos y conceptos científicos que el alumnado debe saber (subescala de conocimiento en la evaluación TIMSS). Este resultado sería compatible con la idea de que una enseñanza basada en la actividad investigadora del alumnado no se identifica con una mayor comprensión

de contenidos (Marín, 2003), noción que, desde posiciones menos optimistas, han pretendido contrarrestar la amplitud de beneficios atribuidos a este tipo de modelos (Gil et ál., 2002; Jiménez, 2000).

Algunos autores han señalado que la participación en actividades prácticas ha de basarse en conceptos científicos previamente aprendidos (Millar, 2011), por lo que la formación recibida en las fases previas a la realización de trabajos prácticos en ciencias es fundamental para optimizar el potencial que este tipo de actividades tiene para el aprendizaje de los conceptos y procedimientos científicos o para la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Millar y Abrahams, 2009; Abrahams y Reiss, 2012). Desde este planteamiento, y a la luz de los resultados obtenidos en este y en anteriores trabajos, sería recomendable primar en las fases tempranas del aprendizaje de las ciencias las potencialidades del método tradicional con el objeto de que el alumno adquiera los conocimientos básicos. Sobre la base conceptual adquirida, las metodologías didácticas empleadas habrían de ir progresivamente incorporando la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos y la resolución de los problemas planteados en las ciencias, para lo cual serían adecuadas las actividades cercanas a una metodología didáctica basada en la investigación. Una metodología de este tipo tendría que considerar las limitaciones propias del alumnado en estas edades, en las que las posibilidades reales de llevar a cabo verdaderas experiencias de investigación son limitadas, dado el nivel de desarrollo de su capacidad de pensamiento formal (Marín y Cárdenas, 2011).

En este trabajo nos hemos apoyado en métodos de encuesta avalados por el rigor metodológico del estudio TIMSS. La amplitud de la muestra y la calidad de las mediciones realizadas nos permiten confiar en los resultados obtenidos. No obstante, un diseño descriptivo y correlacional de estas características, a pesar de facilitarnos un conocimiento de las actividades propuestas en las clases de Conocimiento del Medio impartidas en cuarto de EP, resulta limitado para analizar la totalidad de resultados de aprendizaje a los que conduce la utilización de enfoques metodológicos basados en la investigación. La selección y el estudio de experiencias singulares de enseñanza de las ciencias, que reflejen netamente la aplicación de enfoques metodológicos apoyados en la investigación, permitirán valorar resultados de aprendizaje más allá de las puntuaciones en pruebas estandarizadas que aquí hemos analizado.

## Referencias bibliográficas

- Abrahams, I. y Reiss, M. J. (2012). Practical Work: its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 8, 1035-1055.
- Barmby, P., Kind, P. M. y Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30, 8, 1075-1093.
- Caro, D. H., McDonald, J. T. y Willms, J. D. (2009). Socio Economic Status and Academic Achievement Trajectories from Childhood to Adolescence. *Canadian Journal of Education*, 32, 3, 558-590.
- Coleman, J. S., Campbell, E. Q., Hobson, C. J., McPartland, J., Mood, A. M., Weinfeld, F. D. y York, R. L. (1966). *Equality of Educational Opportunity*. Washington, D. C.: Government Printing Office.
- Comisión Europea (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas: Comisión Europea. Recuperado de: [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf)
- Desert, M., Preaux, M. y Jund, R. (2009). So Young and already Victims of Stereotype Threat: Socio-Economic Status and Performance of 6 to 9 Years Old Children on Raven's Progressive Matrices. *European Journal of Psychology of Education*, 24, 2, 207-218.
- Doherty, J. y Dawe, J. (1988). The Relationship between Development Maturity and Attitude to School Science. *Educational Studies*, 11, 93-107.
- George, R. (2006). A Cross-Domain Analysis of Change in Students' Attitudes toward Science and Attitudes about the Utility of Science. *International Journal of Science Education*, 28, 6, 571-589.
- Gibson, H. L. y Chase C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. *Science Education*, 86, 693-705.
- Gil, D. et ál. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, 11, 6, 557-571.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of over 800 Meta-Analyses relating to Achievement*. Nueva York: Taylor & Francis.
- Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.

- IEA (2012). *IDB Analyzer (versión 3.0)*. Software libre creado por el Data Processing and Research Center de la IEA. Disponible en: <http://www.iea.nl/data.html>.
- INEE (2012). PIRLS-TIMSS 2011. *Estudio internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. Volumen I: Informe Español*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Jackman, L. E., y Moellenberg, W. P. (1987). Evaluation of Three Instructional Methods for Teaching General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64, 794-796.
- Jiménez, M. P. (2000). Modelos didácticos. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales*, 165-186. Alcoy (Alicante): Marfil.
- Joncas, M. y Foy, P. (2011). *Sample Design in TIMSS and PIRLS*. Recuperado de: [http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP\\_Sampling\\_Design.pdf](http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP_Sampling_Design.pdf).
- Linn, M. C., Davis, E. A. y Bell, P. (2004). *Internet Environments for Science Education*. Mahwah (Nueva Jersey): Erlbaum.
- Linting, M., Meulman, J., Groenen, P. y Van der Kooij, A. (2007). Nonlinear Principal Components Analysis: Introduction and Application. *Psychological Methods*, 12, 3, 336-358.
- Marín, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, núm. extraordinario, 43-55.
- Marín, N. y Cárdenas, F. A. (2011). Valoración de los modelos más usados en la enseñanza de las ciencias basados en la analogía «el alumno como científico». *Enseñanza de las Ciencias*, 29, 1, 35-46.
- Martin, M. O., Mullis, I. V., Foy, P. y Arora, A. (2011). *Creating and Interpreting the TIMSS and PIRLS 2011 Context Questionnaire Scales*. Recuperado de: [http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP11\\_Context\\_Q\\_Scales.pdf](http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/TP11_Context_Q_Scales.pdf).
- Martin, M. O., Mullis, I. V., Foy, P. y Stanco, M. (2012). *TIMSS International Results in Science*. Chesnut Hill (Massachusetts): TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Millar, R. (2011). Practical Work. En J. Osborne y J. Dillon (Eds.), *Good Practice in Science Teaching: What Research has to Say*, 108-134. Maidenhead (Reino Unido): Open University Press.
- Millar, R. y Abrahams, I. (2009). Practical Work: Making it more Effective. *School Science Review*, 91, 334, 59-64.
- Minner, D. D., Levy, A. J. y Century, J. (2010). Inquiry-Based Science.

- Instruction. What Is it and Does it Matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 4, 474-496.
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Ruddock, G. H., O'Sullivan, C. Y. y Preuschoff, C. (2009). *TIMSS 2011. Assessment Framework*. Chesnut Hill (Massachusetts): TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.
- Orden ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado (España)*, 20 de julio de 2007, 173, 31487-31566.
- Osborne, J., Simon, S. y Collins, S. (2003). Attitudes towards Science: a Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education*, 25, 9, 1049-1079.
- Palmer, D. (2009). Student Interest Generated during an Inquiry Skills Lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 2, 147-165.
- Rivero, A., Azcárate, P., Porlán, R., Martín, R. y Harres, J. (2011). The Progression of Prospective Primary Teachers' Conceptions of the Methodology of Teaching. *Research in Science Education*, 41, 5, 739-769.
- Ruthven, K. (2011). Using International Study Series and Meta-Analytic Research Syntheses to Scope Pedagogical Development aimed at Improving Student Attitude and Achievement in School Mathematics and Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 2, 419-458.
- Schroeder, C., Scott, T., Tolson, H., Huang, T. y Lee, Y. (2007). A Meta-Analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 10, 1436-1460.
- Seidel, T. y Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Research. *Review of Educational Research*, 77, 4, 454-499.
- Swarat, S., Ortony, A. y Revelle, W. (2012). Activity Matters: Understanding Student Interest in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 4, 515-537.
- Van Ewijk, R. y Slegers, P. (2010). The Effect of Peer Socioeconomic Status on Student Achievement: a Meta-Analysis. *Educational Research Review*, 5, 2, 134-150.

- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Eureka*, 5, 3, 274-292.
- Vedder-Weiss, D. y Fortus, D. (2012). Adolescents' Declining Motivation to Learn Science: A Follow-Up Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 9, 1057-1095.
- Watson, J. R., Prieto, T., y Dillon, J. (1995). The Effect of Practical Work on Students' Understanding of Combustion. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 5, 487-502.
- White, K. R. (1982). The Relation between Socioeconomic Status and Academic Achievement. *Psychological Bulletin*, 913, 461-481.
- Wise, K. C. (1996). Strategies for Teaching Science: What Works? *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 69 (6), 337-338.
- Wise, K. C. y Okey, J. R. (1983). A Meta-Analysis of the Effects of Various Science Teaching Strategies on Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 5, 419-435.
- Wu, M. (2005). The Role of Plausible Values in Large-Scale Surveys. *Studies in Educational Evaluation*, 31, 2-3, 114-128.
- Yager, R. E. y Penick, J. E. (1986). Perception of Four Age Groups toward Science Classes, Teachers, and the Value of Science. *Science and Education*, 70, 355-363.

**Dirección de contacto:** Javier Gil Flores. Universidad de Sevilla, Facultad de Ciencias de la Educación, Departamento MIDE. C/ Pirotecnia, s/n; 41013, Sevilla, España. E-mail: jflores@us.es