

«Investigar para aprender, aprender para enseñar». Un proyecto orientado a la difusión del conocimiento escolar sobre ciencia

**Antonio García
Carmona**

Colegio Luisa de Marillac,
Sevilla

**Ana M.ª Criado
García-Legaz**

Universidad de Sevilla

En este trabajo presentamos un proyecto de innovación escolar que plantea el aprendizaje de las ciencias como una investigación orientada. Describimos los objetivos que se persiguen con su implementación, los fundamentos didácticos en que se basa y las fases en las que se desarrolla. El proyecto está dirigido a alumnos de secundaria y surge de la inquietud docente de hacer del aprendizaje de las ciencias una actividad amena y divertida.

Palabras clave: *investigación escolar, ciencia, divulgación científica, educación secundaria obligatoria (ESO), tecnología.*

Investigating to learn, learning to teach». A project oriented to the diffusion of school knowledge on science

This paper presents a school innovation project that poses the science learning as an oriented inquiry. It describes the project aims that are chased with its implementation, the didactic foundations on which it is based and the phases of its development. The project is directed to secondary school students and emerges from an educational interest of doing the science learning a pleasant and amusing activity.

Keywords: *compulsory secondary education, inquiry, science, science spreading, technology.*

Impulsados por la necesidad de conseguir un proceso de aprendizaje de las ciencias sugerente y atractivo para los alumnos, desde hace varios años venimos desarrollando un proyecto de innovación escolar denominado Investigar para Aprender, Aprender para Enseñar. La finalidad del proyecto es que los alumnos de 4.º de ESO (edad 15-16) enseñen/divulguen a la ciudadanía parte del conocimiento que han aprendido sobre ciencias durante el curso.

En relación con las propuestas de Cañal (1999) o Cañal, Pozuelos y Travé (2005), el proyecto se desarrolla en el marco de la investigación escolar; esto es, se concibe a los alumnos como *investigadores* que, organizados en grupos de trabajo, abordan el estudio de situaciones problemáticas de interés —partiendo de sus propias ideas— en interacción permanente con los demás grupos y bajo las orientaciones del profesor. El proceso, además, lleva inherente una regulación y evaluación permanentes del aprendizaje, con la participación activa del alumno, mediante prácticas de autoevaluación, coevaluación, etc. Se trata, pues, de un modelo de enseñanza/aprendizaje estimulador con el que se intenta que los alumnos —principales protagonistas— *aprendan a aprender*

ciencia, como condición imprescindible para la adquisición de conocimientos sobre ciencia y sus procedimientos habituales.

El propósito de este trabajo es describir las fases en que se desarrolla el proyecto, desde su gestación a principios de cada curso, hasta su culminación en la citada exposición científico-escolar, a finales del mismo.

Objetivos del proyecto

Como hemos dicho, con el proyecto de innovación aspiramos a que los alumnos (de 4.º de ESO) aprendan ciencia de un modo sugerente y dinámico, a través de la investigación escolar. Partimos de la premisa de «aprender ciencia de forma amena y divertida», con el aliciente de que el proyecto culmina en un contexto educativo no formal (afectivo y lúdico), donde los alumnos son «profesores por unos días», al enseñar a otras personas lo que han aprendido sobre ciencias. Ello se realiza mediante un stand en la ya tradicional Feria de la Ciencia de Sevilla¹, cuyo eslogan es «Ciencia viva, ciencia compartida».

Pero, para que el proyecto termine con éxito, durante su desarrollo intentamos que los alumnos adquieran una serie de competencias básicas, habitualmente fomentadas en proyectos innovadores de este tipo (Burden, 2005; Oliva *et al.*, 2004). Concretamente, nos proponemos que los alumnos:

- Se involucren activamente en el proceso de enseñanza/aprendizaje, con el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje.
- Desarrollen la capacidad de planificar y utilizar procedimientos de perfil investigador para la resolución de problemas: emisión de hipótesis, búsqueda y tratamiento de información, observación, descripción, clasificación, control de variables...
- Potencien su creatividad y sean capaces de diseñar, planificar y construir artefactos que permitan observar y/o reproducir los fenómenos naturales estudiados.
- Se sientan los principales protagonistas de un proceso de aprendizaje lleno de obstáculos y dificultades, que pueden vencer si se crea un buen clima de cooperación, participación y responsabilidad durante el mismo.
- Se sientan satisfechos de ver reconocido su trabajo, siendo capaces de comunicar a otras personas los conocimientos sobre ciencia escolar adquiridos, en un ambiente educativo no formal, lúdico y afectivo.
- Y, en general, aprecien que poseer un conocimiento básico sobre ciencia les puede ayudar a ser autosuficientes —y, posiblemente,

más felices— en una sociedad cada vez más influida por la ciencia y la tecnología.

Desarrollo del proyecto

Teniendo en cuenta los objetivos anteriores, decidimos implementar el proyecto en el marco de una investigación escolar, porque:

- *Ayuda a los alumnos a entender que la ciencia, además de un producto, es un proceso.* Promueve el desarrollo de procedimientos y habilidades tales como la formulación de preguntas, la emisión de hipótesis, la selección, la organización y la interpretación de información (datos), la comunicación de conclusiones... En definitiva, se pone énfasis en que los alumnos aprendan a *hacer* ciencia.
- *La ciencia escolar se construye partiendo de las ideas los alumnos.* Se plantea la resolución de situaciones problemáticas con las que se intenta que los alumnos, por un lado, tomen conciencia de las inexactitudes y limitaciones de algunas de sus ideas (hipótesis de partida); y, por otro, asuman la necesidad de adquirir otras (científicas) que permitan explicar mejor las situaciones analizadas. No se trata de que el conocimiento científico sustituya al conocimiento cotidiano o intuitivo del alumno, sino de que el alumno los haga coexistir, con cierta jerarquía, y comprenda que el primero, en muchos casos, resulta más correcto o apropiado para describir y comprender determinados fenómenos de la naturaleza (Pozo y Gómez-Crespo, 1998).
- *Propicia que los alumnos se impliquen activamente en el proceso de aprendizaje.* Promueve el desarrollo de estrategias y habilidades de resolución de problemas, a través del diseño de actividades o tareas adecuadas para ello, y con la ayuda del profesor. Para ello, se intenta que los alumnos aprendan a gestionar sus errores, dificultades y progresos durante el aprendizaje. Así, llegan a afianzar mejor su conocimiento escolar sobre ciencia, en tanto que son capaces de aplicarlo, con un sentido más crítico, a nuevas situaciones de aprendizaje.
- *Los alumnos aprenden que la ciencia es un proceso dinámico, cooperativo y acumulativo.* Se intenta trasladar a los alumnos la idea de que la ciencia progresa gracias al trabajo de muchas personas (científicos) que, distribuidas en equipos de investigación, cooperan e intercambian ideas y resultados. Es decir, que el verdadero progreso se logra a partir de la acumulación de muchos pequeños pasos (Wenning, 2005). En este sentido, se fomenta el aprendizaje cooperativo, intentando hacer ver a los alumnos que

mediante el intercambio y la discusión de ideas, en un clima de respeto y diálogo, es posible lograr una mejor comprensión de los fenómenos y situaciones analizadas.

- *Los alumnos aprenden ciencia de forma crítica y aproximada al trabajo de los científicos.* Se trata de evitar que los alumnos se conviertan en meros consumidores pasivos de información y de que adquieran una serie de actitudes que les permita analizar con actitud crítica, a la vez que con criterios fundamentados, situaciones diarias relacionadas con la ciencia (García Carmona, 2003). Ello requiere, entre otros aspectos, prestar especial atención a las interacciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS), cosa que ayuda a que los alumnos desarrollen una conciencia y, sobre todo, una capacidad para evaluar las consecuencias, a corto y largo plazo, de las actividades científico-tecnológicas del mundo en el que viven.

Las características que acabamos de describir están presentes en los distintos momentos o fases de cada una de las investigaciones escolares que vienen conformando el proyecto. A continuación vamos a describir dichas fases, particularizándolas en un caso concreto relacionado con la óptica geométrica. No obstante, con objeto de ofrecer una visión general y concisa del desarrollo de dicha investigación escolar, mostramos el esquema del cuadro 1.

Fases del proyecto

Antes de describir las fases, es preciso decir que existen ciertos factores, relacionados con la realidad educativa, que condicionan la dimensión del proyecto. En efecto, el tiempo requerido para la planificación y desarrollo de una investigación escolar, la disponibilidad de horario lectivo, las necesidades educativas de cada alumno, la programación anual de la asignatura, etc., determinan que en cada curso limitemos el proyecto a un solo dominio científico, con una o dos investigaciones según la envergadura de las mismas. Asimismo, como el desarrollo de éstas suele exceder el tiempo previsto para el estudio de la unidad correspondiente al dominio, se emplean horas extraescolares. A éstas, los alumnos asisten voluntariamente y, generalmente, con agrado, debido a la alta motivación que suelen tener hacia el proyecto.

Fase 1: elección del dominio científico y planteamiento del problema

La elección del dominio científico, para llevar a cabo una investigación escolar, se hace partiendo del currículo de ciencias (física y química) de la ESO y siguiendo las recomendaciones de Ogborn et al. (1996) de dar prioridad a aquellos fenómenos naturales que pueden ser observados por el alumno en su vida diaria. Y es que, como revelan algunos estudios (Campbell y Lubben, 2000), los alumnos aprenden mejor ciencia si su enseñanza se plantea en conexión con su entorno cotidiano; básicamente, porque pueden comprobar que la ciencia es aplicable y se manifiesta en sus vidas. Por este motivo, uno de los dominios científicos más recurrentes es el de la óptica. Efectivamente, los fenómenos relacionados con la luz, además de ser bastante palpables, suelen ser atractivos, lo cual hace de ellos un tema bastante interesante para las clases de ciencias de cualquier nivel educativo (Criado, Del Cid y García Carmona, 2007; Van Zee *et al.*, 2005).

Una vez elegido el dominio, se plantea un problema de investigación a modo de interrogante sugerente (esto lo hace normalmente el profesor, salvo que los alumnos en clase propongan una idea sugerente). En el caso que nos ocupa, el interrogante es: «¿Es posible ver objetos situados detrás de un obstáculo opaco?» Organizados en grupos de trabajo, los alumnos buscan información (en la biblioteca, Internet, libro de texto...) acerca de la posibilidad del fenómeno planteado, a fin de poder emitir hipótesis más o menos fundamentadas al respecto. La búsqueda está coordinada por el profesor, que orienta a cada grupo en mayor o menor medida, según las necesidades detectadas.

Este proceso inicial tiene por objeto, por un lado, conocer algunas de las ideas previas² de los alumnos sobre fenómenos relacionados con la óptica geométrica —que constituyen las hipótesis de partida—; y, por otro, poner de relieve a los alumnos la necesidad de abordar el estudio de nociones básicas de óptica geométrica, a fin de poder responder adecuadamente al problema planteado.

Fase 2: enseñanza/aprendizaje del dominio científico

Avriguado el estado inicial del conocimiento de los alumnos sobre el tema, se aborda la enseñanza/aprendizaje de los contenidos (comportamiento y propiedades de la luz, modelos para su descripción, etc.). El proceso se desarrolla tanto en clase, mediante la realización de actividades de lápiz y papel, como en el laboratorio y en el aula TIC, con algunas experiencias sencillas de óptica (virtuales, en el segundo espacio).

De acuerdo con el modelo de aprendizaje por investigación orientada, durante el proceso de enseñanza/aprendizaje cada grupo interpreta la información ofrecida en las actividades propuestas, sus miembros intercambian ideas y opiniones y elaboran una respuesta consensuada a las cuestiones planteadas. Luego, en las puestas en común, cada grupo expone sus conclusiones al resto de grupos, con el propósito de discutir las y llegar a la(s) respuesta(s) más adecuada(s). El profesor modera estas discusiones e introduce las orientaciones oportunas, con el propósito de que se pueda alcanzar la conclusión con el máximo acuerdo (de comprensión) posible. En este proceso se intenta, fundamentalmente, poner en evidencia las limitaciones explicativas de las ideas inadecuadas o imprecisas, y cómo otros razonamientos permiten una mejor explicación de los fenómenos y/o situaciones analizadas. También se impulsan estrategias orientadas a desarrollar en los alumnos una capacidad de autorregulación de su propio aprendizaje. Es decir, que los alumnos tomen conciencia de sus dificultades y progresos y, consecuentemente, aprendan a gestionarlos.

Con esta fase se promueve, en definitiva, que los alumnos concluyan que, efectivamente, es posible el fenómeno planteado en el problema de la investigación.

Fase 3: planteamiento del problema tecnológico, construcción del artefacto y comprobación del fenómeno

La conclusión anterior da origen a un problema tecnológico. En efecto, si el fenómeno óptico es posible, cabe preguntarse: ¿Se puede construir un artefacto que permita ver objetos situados detrás de un obstáculo opaco? En esta fase tratamos la dimensión tecnológica de la investigación escolar, la cual suele ser descuidada en la enseñanza de las ciencias (Maiztegui *et al.*, 2002), pero que, sin embargo, es esencial para ofrecer una visión más real de lo que es la actividad científico-tecnológica.

A fin de responder a la cuestión planteada, los grupos hacen una indagación bibliográfica (en la biblioteca, Internet...) sobre posibles artefactos ópticos que satisfagan la necesidad indicada. Se espera (si no es así, el profesor hará las orientaciones oportunas) que los alumnos se topen con el «juguete de Roentgen» (figura 1), ideado por el célebre científico que descubrió los rayos X.

Figura 1. El juguete de Roentgen (Perelman, 2001)

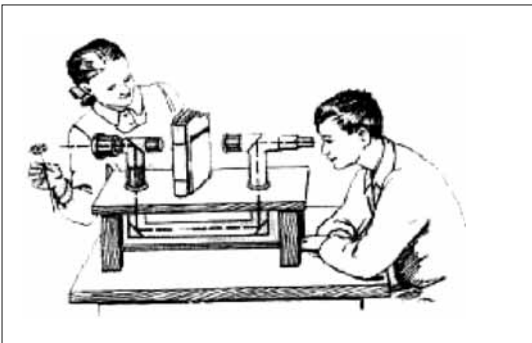
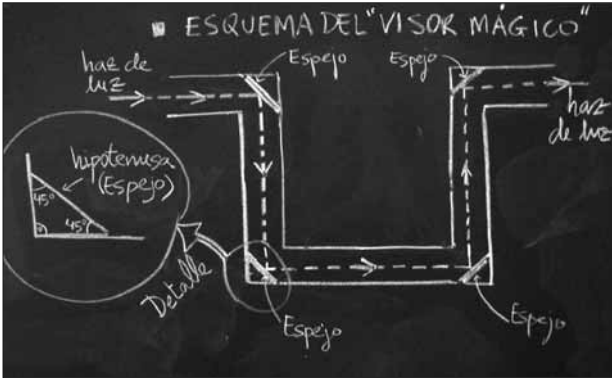


Figura 2. Esquema básico del interior del artefacto «visor mágico»



A partir del mismo, cada grupo diseña y planifica la construcción de su propio artefacto (elaboración de croquis, materiales necesarios —a ser posible, baratos y de fácil adquisición—, distribución de tareas, etc.), siguiendo las orientaciones del profesor. La figura 2 muestra un esquema interno del artefacto, realizado por el profesor en el taller de tecnología, espacio donde se lleva a cabo la construcción del artefacto³. Ante las posibles dificultades técnicas, se invita a que

los grupos más aventajados ayuden a los más rezagados, aunque en todo momento el profesor está pendiente de que todos los grupos avancen adecuadamente.

Una vez construido el artefacto (figura 3), los grupos deben comprobar el fenómeno óptico estudiado, a fin de hacer las últimas correcciones y reajustes para que éste pueda ser observado adecuadamente. Por último, se elige entre todos —por su calidad técnica y estética— el artefacto que será expuesto en la Feria de la Ciencia de ese año, para la enseñanza del fenómeno óptico. Asimismo, se les anima a que lo *rebauticen* con un nombre original y sugerente para la exposición (en este caso, el nombre asignado es «visor mágico»).

Figura 3. «Visor mágico» construido por uno de los grupos de alumnos

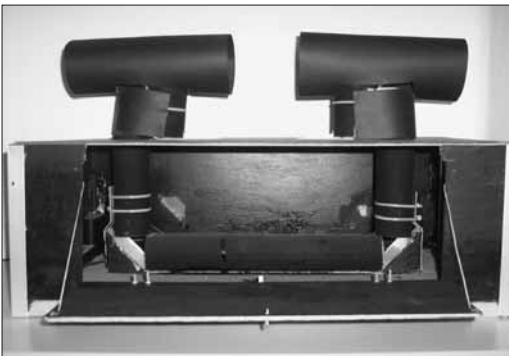


Figura 4. Una alumna explicando el funcionamiento del «visor mágico» a unos escolares en la Feria de la Ciencia



Fase 4: difusión del conocimiento adquirido en una exposición científico-escolar

Realizadas las tres fases anteriores, se procede a la puesta a punto para la enseñanza y divulgación del trabajo en la Feria de la Ciencia (figura 4). Para ello, los alumnos hacen una «pre-exposición» en el centro escolar, donde planifican y ensayan cómo va a ser presentado al público; esto es, qué *pregunta(s)* harán a la gente para atraer su atención sobre el fenómeno; cómo van a *guiar* al visitante en su reflexión acerca del mismo; qué *nociones científicas* van a explicar; qué van a *divulgar* sobre el artificio construido (antecedentes históricos, funcionamiento, aplicaciones, etc.). En definitiva, se trata de mostrar una perspectiva CTS de la investigación escolar realizada, en un ambiente educativo no formal, atractivo y lúdico.

Conclusiones

Después de cuatro cursos poniendo en práctica el proyecto, podemos decir que los alumnos, en su mayoría, llegan a desarrollar las competencias básicas previstas en los objetivos del mismo; es decir, acrecientan su actitud participativa y colaboradora, sienten curiosidad por la ciencia, aprenden a hacer ciencia en un clima ameno y divertido, aumentan su capacidad comunicativa y, sobre todo, mejoran su autonomía y autoestima. Prueba de ello son los siguientes testimonios de alumnos y alumnas participantes (de diferentes cursos académicos y con historiales escolares dispares):

«[...] aunque las ciencias no sean mi fuerte, el hecho de tener que explicar a la gente los diversos trabajos me encanta. [...] es una forma muy divertida de entender la física, sin necesidad de aprender muchas fórmulas y todo eso; por eso pienso que se debería hacer todos los años para que a los alumnos les atraiga un poco más este campo y puedan aprenderla más cómodamente» (Carmen).

«El balance de mi experiencia es muy positivo. [...] la verdad es que supimos desenvolvernos con soltura a la hora de explicar al público nuestros experimentos. Me dio la sensación de que los que se pasaron por allí salieron con las dudas resueltas, y también sorprendidos y asombrados por lo vistoso y simpático de los experimentos, ya que eran efectos ópticos muy resultones...» (Javi).

«La Feria [de la Ciencia] me ha parecido una forma más amena de aprender cosas relacionadas con la ciencia. [...] he empezado a reconocer que la ciencia sirve para la vida. Nuestro stand ha sido muy ameno y con nuestras experiencias la gente se ha divertido, pero a la vez ha aprendido, porque nuestras explicaciones eran fáciles de entender y los visitantes preguntaron todas sus dudas» (Ángela).

«Esta experiencia me ha parecido muy interesante y productiva. Pienso que es una buena forma de aprender, de forma divertida, algunos conceptos que, teóricamente, serían aburridos y difíciles de entender. De esta forma también se desconecta de la rutina de clase» (Israel).

«Personalmente veo la Feria de la Ciencia como algo realmente positivo. En mi opinión, creo que te da la oportunidad de acercarte un poco más a la ciencia, de despertarte la curiosidad y el interés por este campo. [...] porque considero que no somos conscientes de la importancia e influencia que tiene la ciencia en nuestras vidas» (Cristina).

En definitiva, pensamos que propuestas de innovación escolar como ésta son las que realmente hacen atractiva la ciencia y, por ende, motivan al alumno hacia su aprendizaje. Porque, como decía Albert Einstein, «el estudio no debe partir de una obligación, sino que debe plantearse como una oportunidad de penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber».

Referencias bibliográficas

BURDEN, J. (2005): «Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido» en *Alambique*, n. 46, pp. 68-79.

CAMPBELL, B.; LUBBEN, F. (2000): «Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situation» en *International Journal of Science Education*, n. 22, vol. 3, pp. 239-252.

CAÑAL, P. (1999): «Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación» en *Investigación en la Escuela*, n. 37, pp. 15-36.

CAÑAL, P.; POZUELOS, F.J.; TRAVÉ, G. (2005): *Proyecto curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12)*. Vol. I. Descripción general y fundamentos. Sevilla. Díada.

CRiado, A.; DEL CID, R.; GARCÍA CARMONA, A. (2007): «La cámara oscura en la clase de ciencias: fundamento y utilidades didácticas» en *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, n. 4, vol. 1.

GARCÍA CARMONA, A. (2003): «Integración de las relaciones CTS en la educación científica» en *Perspectiva CEP (Consejería de Educación de la Junta de Andalucía)*, n. 6, pp. 109-121.

OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. (1996): *Explaining science in the classroom*. Buckingham. OUP.

OLIVA, J.M.; MATOS, J.; BUENO, E.; BONAT, M.; DOMÍNGUEZ, J.; VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J.A. (2004): «Las exposiciones científicas escolares y su contribución en el ámbito afectivo de los alumnos participantes» en *Enseñanza de las Ciencias*, n. 22, vol. 3, pp. 425-440.

PERELMAN, Y. (2001): *Física Recreativa I* (13ª ed.). Versión electrónica preparada por P. BARROS y A. BRAVO, disponible en <http://www.geocities.com/yakov_perelman/>

POZO, J.I.; GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid. Morata.

AA.VV. (2002): «Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada» en *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 28, pp. 129-155.

VAN ZEE, E.H.; HAMMER, D.; BELL, M.; ROY, P.; JENNIFER, P. (2005): «Learning and teaching science as inquiry: A case study of elementary school teachers' investigations of light» en *Science Education*, n. 89, pp. 1007-1042.

WENNING, C.J. (2005): «Implementing inquiry-based instruction in the science classroom: A new model for solving the improvement-of-practice problem» en *Journal of Physics Teacher Education Online*, n. 2, vol. 4, pp. 9-15. <<http://www.phy.ilstu.edu/jpteo>>

Notas

1. Para más información, visitar la página web: www.cienciaviva.org
2. En algunos casos, si se estima oportuno, pasamos a los alumnos un cuestionario de ideas previas sobre el fenómeno en cuestión. Otras veces, simplemente tenemos en cuenta lo que dice la literatura respecto a las ideas habituales de los alumnos sobre el tema.
3. Lo ideal para el proyecto es que exista una coordinación adecuada con el profesor de tecnología. En nuestro caso, esto queda totalmente cubierto ya que el mismo profesor imparte a los alumnos ciencias y tecnología.

Direcciones de contacto

Antonio García Carmona
 Colegio Luisa de Marillac. Sevilla
agarcia@cofis.es
 Ana M.ª Criado García-Legaz
 Universidad de Sevilla
acriado@us.es