

# Enseñanza

## El Aula de Física Experimenta de la Universitat de València: Más de una década de iniciativas para Secundaria

Chantal Ferrer-Roca<sup>I</sup>, Miguel V. Andrés<sup>I</sup>, Amparo Pons-Martí<sup>II</sup>

*Desde la Facultad de Física de la Universitat de València hace ya tiempo que se vienen promoviendo iniciativas que pretenden mejorar la docencia y el aprendizaje de la Física, incidiendo de forma especial en los aspectos fenomenológicos y experimentales en conexión con los modelos teóricos, así como en las relaciones con otras ciencias y las aplicaciones tecnológicas. Estas iniciativas, surgidas a propuesta del Grupo de Trabajo de Física Arquímedes, se aglutinan alrededor del Aula Experimenta, y se centran en la formación del profesorado no universitario y en la colaboración entre la universidad y los centros de Educación Secundaria. En este artículo se describen las motivaciones del grupo que se reflejan en las ideas y acciones concretas desarrolladas. También se abordan y valoran brevemente algunas de las más relevantes: sesiones prácticas en el Aula-laboratorio Experimenta, la Feria-concurso Experimenta y el armario de maletas de experimentos.*

### Introducción

Los países que han apoyado con continuidad la ciencia y la investigación son los mismos que cuentan con una industria tecnológica desarrollada que, en el contexto de la actual crisis, se ha confirmado como motor económico y fuente de empleos cualificados. Una buena parte de esta industria está basada en aplicaciones de la Física, desarrolladas en muchos casos por personas tituladas en Física o en grados técnicos que incluyen una importante formación en Física. Más allá de la pura razón instrumental, podemos también reconocer el papel intelectual que la Física ha tenido y tiene en la historia de las ideas y en la comprensión del mundo. Todo un universo de conocimientos múltiples en compleja interacción del que no se extraen necesariamente resultados inmediatos pero cuya existencia —en las mentes pensantes— es condición necesaria para que éstos sean posibles.

Sin embargo, hace tiempo que percibimos un escaso interés por una comprensión de los contenidos científicos y una disminución de vocaciones científico-tecnológicas entre los jóvenes, en particular en Física. La sociedad parece asumir la idea de que vamos a gozar indefinidamente de las ventajas que la ciencia y la tecnología nos proporcionan cotidianamente —incluyendo la resolución de los graves problemas que acucian al planeta y a la humanidad— sin que tengamos que invertir en ella, sobre todo en términos de formación y capital humano [1]. Todo esto ha ido sucediendo durante un largo periodo de cambios curriculares en la Enseñanza Secundaria: los contenidos se han fragmentado y se tiende a privilegiar lo que se percibe como inmediatamente útil, en la creencia de que proporciona al alumnado las competencias requeridas por el mundo laboral. Además, en un país que presenta la singularidad de no contar con una asignatura específica de Física hasta el último curso de Bachillerato, ésta dejó de ser obligatoria para los estudiantes de ciencias



hace tiempo, problema que la nueva configuración del Bachillerato no parece resolver.

A lo largo de estos años hemos ido percibiendo también un desajuste entre el bagaje y capacidades de los nuevos estudiantes universitarios y los objetivos de los estudios de Física y otras ciencias e ingenierías. No tanto si se ha estudiado esto o aquello, sino una dificultad general para el razonamiento y la comprensión de aspectos sencillos de Física. ¿Un signo de que la falta de cantidad ha afectado a la calidad? Por otro lado, desde hace tiempo el alumnado carece de familiaridad con los fenómenos del mundo físico: es poco habitual que se realicen prácticas o proyectos experimentales, o que se aborden las clases teóricas utilizando experimentos o demostraciones. Esta situación, también muy singular respecto a países de nuestro entorno, provoca una ruptura en la relación que debe existir entre los fenómenos y los modelos que los explican, impidiendo la comprensión e interiorización del método científico y de la idea misma de que la realidad puede ser racionalizada [2].

Esta fragilidad a la que consideramos expuesta la cultura científica y su expresión formativa en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) ha motivado a lo largo de más de una década al Grupo de Trabajo de Física Arquímedes (GTFA) para emprender diferentes iniciativas dirigidas a la formación permanente del profesorado no universitario y a incentivar el interés de los estudiantes de ESO y Bachillerato hacia la ciencia y la tecnología, fomentando una auténtica comprensión de los fundamentos físicos. El Aula Experimenta es la idea unificadora que engloba a todas estas iniciativas. El GTFA es un grupo formado mayoritariamente por profesores de la Facultad de Física de la Universitat de València y por profesores de Bachillerato. Se trata de un grupo abierto, en el que puede participar cualquier docente dispuesto a trabajar en las actividades que el propio grupo discute y decide, por

<sup>I</sup> Departamento de Física Aplicada y Electromagnetismo, Facultad de Física, Universitat de València, c/ Dr. Moliner 50, Burjassot, 46100 Valencia.

<sup>II</sup> Departamento de Óptica, Facultad de Física, Universitat de València, c/ Dr. Moliner 50, Burjassot, 46100 Valencia.

lo que algunos de sus miembros han ido cambiando con el tiempo. El GTFA se constituyó en 1999 y desarrolla sus actividades en colaboración con diversas entidades, como el Servicio de Formación Permanente de la Universitat de València y la Delegación para la Incorporación a la Universidad. Adicionalmente, en el curso 2001-02, el grupo se adscribió también a un Centro de Formación, Innovación y Recursos Educativos (CEFIRE de la Generalitat Valenciana).

Los objetivos del GTFA, que están presentes en todas las iniciativas que desarrolla, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Fomentar una auténtica comprensión de los fenómenos naturales, incluso en los niveles más básicos de la formación, fomentando el diálogo con los estudiantes y la formulación de razonamientos y explicaciones.
- Incidir en el uso de demostraciones experimentales sencillas y en el trabajo experimental realizado por los propios estudiantes, con un énfasis en los análisis cuantitativos, dirigidos a conocer y relacionar los fenómenos con los modelos teóricos de la Física y valorar su capacidad predictiva.
- Proporcionar formas alternativas e innovadoras de presentación de conceptos, favoreciendo su relación con los fenómenos cotidianos y la tecnología, y estableciendo relaciones entre los distintos campos de la Ciencia, la Filosofía, la Historia de la Ciencia y otros aspectos de la cultura.

A continuación describiremos estas ideas y su realización a través de las actividades concretas del Aula Experimenta. En la página web [www.uv.es/experimenta](http://www.uv.es/experimenta) se encuentra una descripción más detallada, que no podemos incluir aquí por limitación de espacio.

### 1. Ven con tus alumnos al Aula Experimenta: un proyecto de prácticas

Este proyecto consiste en sesiones experimentales dirigidas a estudiantes de Secundaria que se desarrollan en el Aula-laboratorio Experimenta de la Facultad de Física, un espacio dedicado de forma permanente a esta actividad. Esta aula se creó en 2006 para mejorar y ampliar las sesiones prácticas que ya se realizaban desde 2001 en los laboratorios de Mecánica y Óptica de la Facultad, dentro del programa de intercambios Universidad-Secundaria del Servicio de Formación Permanente (SFP) de la Universitat de València.

El Aula-laboratorio Experimenta cuenta con material para 8 puestos de trabajo y 5 prácticas diferentes de Mecánica y Óptica correspondientes al temario de Física de 4.º de la ESO y Bachillerato, con guiones adaptados a estos niveles formativos. El objetivo de esta actividad es doble: por una parte se persigue motivar a los estudiantes y profesores hacia el trabajo experimental y, por otra, se pretende contribuir a mejorar la comprensión de fenómenos físicos fundamentales mediante la realización de unas experiencias de laboratorio que no se abordan en los propios centros. Para poder participar, los profesores deben haber completado con anterioridad un curso formativo en el que realizan ellos mismos las prácticas. Adicionalmente, se les convoca a una reunión para coordinar las sesiones, que deben contar con una preparación previa en el centro y formar parte de la evaluación de los estudiantes. El profesorado de Secundaria puede solicitar también acudir con sus estudiantes cuando desee, como aula de libre disposición.



Fig. 1. Estudiantes de Bachillerato realizando una sesión de prácticas en el Aula-laboratorio Experimenta: sobre la caída libre (arriba) y sobre Óptica Geométrica (abajo).

Las sesiones del Aula comienzan con una breve introducción conceptual con profesorado de la Facultad, que incluye demostraciones experimentales relacionadas con el tema de cada práctica y un diálogo e interacción constante con los estudiantes. A continuación, los alumnos realizan por parejas la práctica que su docente programó para todo el grupo, con la supervisión del profesorado de su centro y de la Facultad.

Estas sesiones están muy bien valoradas por los participantes que acuden —alrededor de 20 profesores y 500



Fig. 2. Las sesiones de prácticas en el Aula-laboratorio Experimenta comienzan con una presentación sobre principios fundamentales de la Física ilustrados con demostraciones experimentales en las que participan los estudiantes.

alumnos de diferentes centros de Valencia cada año— e influyen positivamente en su decisión de cursar la asignatura optativa de Física del 2.º curso de Bachillerato.

## 2. Las maletas de “El armario de prácticas”

“El armario de prácticas” es una colección de experimentos de Física contenidos en maletas que, mediante un sistema de préstamo, pueden ser utilizadas por profesores de Bachillerato como material de apoyo a su docencia en el aula, principalmente como demostraciones. Se ha ido ampliando desde 2003 y actualmente está constituido por ocho maletas que contienen prácticas que abarcan temas de Mecánica, Ondas, Electromagnetismo y Óptica, que se montan de forma sencilla y rápida y se transportan fácilmente. Cada maleta contiene todo lo necesario para realizar un experimento, e instrucciones detalladas sobre la forma más adecuada de introducir los conceptos, las observaciones que se pueden realizar en diálogo con los estudiantes [2] y cómo realizar las medidas, con un énfasis especial en los aspectos cuantitativos. El profesorado que desea utilizar estas maletas debe estar habilitado mediante la realización de un curso de formación que se organiza cada año (el mismo curso que permite participar en las sesiones del Aula Experimenta).

La realización del proyecto “El armario de prácticas” ha contribuido a la innovación docente mediante el desarrollo de experimentos sencillos que cubren temas propios del Bachillerato para los que no se encuentran propuestas asequibles. Éste es el caso de las maletas de interferencia de ondas acústicas y de medida del campo magnético de dos hilos rectilíneos.

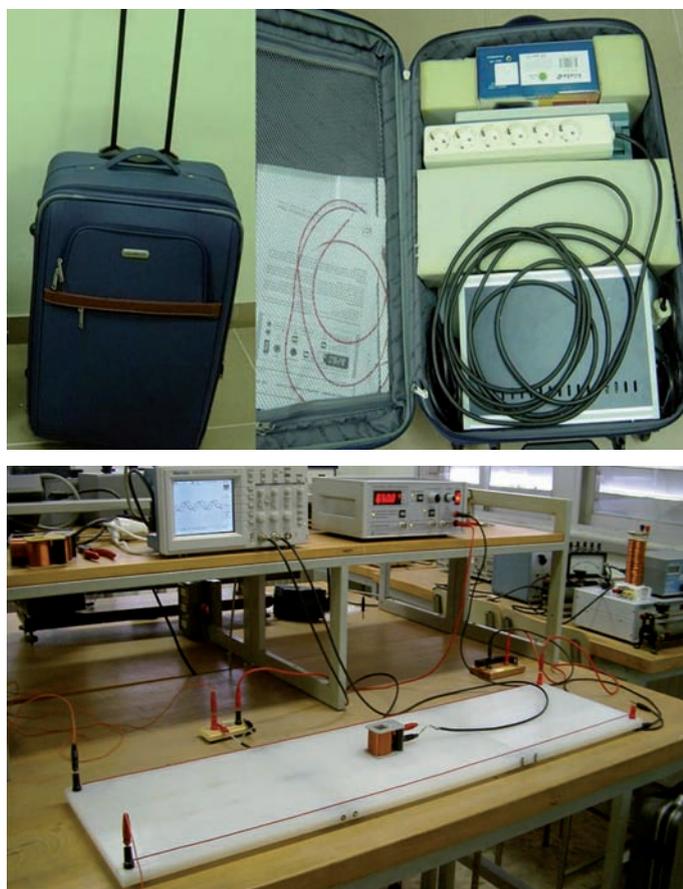


Fig. 3. Una práctica diseñada específicamente para el proyecto “El armario de prácticas”: medida del campo magnético de dos hilos rectilíneos en la maleta (arriba) y montada sobre una mesa (abajo).



Fig. 4. Feria-concurso Experimenta de Demostraciones y Experimentos de Física y Tecnología: un grupo de participantes explica su trabajo a algunos miembros del jurado (arriba) y vista general de la feria en el Jardín Botánico de la Universitat de València (abajo).

## 3. La Feria-concurso Experimenta de experimentos y demostraciones de Física y Tecnología

Esta iniciativa es una de las más importantes y cada año participan en ella más de 50 grupos de estudiantes de ESO, Bachillerato y Ciclos Formativos. Surgió en 2005, cuando, a instancias del GTEFA, la Facultad de Física convocó un concurso con el objetivo de involucrar a los estudiantes de enseñanza media de una manera activa en el Año Mundial de la Física. El entusiasmo y dedicación de los concursantes, así como la respuesta del público, fueron extraordinarios, y contribuyeron decisivamente a la transformación de este evento en una feria anual, que el próximo año celebrará su octava convocatoria. Los participantes tienen que aportar un proyecto experimental en el que se ponga de manifiesto, a nivel cualitativo y/o cuantitativo, algún principio físico o su aplicación práctica. Los concursantes seleccionados exponen sus proyectos en una feria que se celebra en el Jardín Botánico de la Universitat de València a lo largo de una mañana de domingo. Con sus montajes sobre mesas protegidas por carpas, deben explicarlos al público general que visita la feria, y también al jurado, constituido por profesores de la Universitat de València y de centros de Secundaria, que valora fundamentalmente la capacidad demostrativa del principio físico involucrado, la comprensión del trabajo por los concursantes y la claridad de sus explicaciones. Al finalizar la feria se procede a la entrega de premios. La Feria-concurso Experimenta es, por sus características, una experiencia muy motivadora para los participantes, ya que el trabajo en grupo y la exigencia de divulgar su proyecto hacen que se involucren de manera muy activa y en una dirección poco explorada: relacionando los

fenómenos físicos, los conceptos y principios que permiten su comprensión y los desarrollos tecnológicos relacionados con esos conceptos. Esta jornada lúdica es también formativa: destaca por el entusiasmo y dedicación divulgadora de los estudiantes, quienes descubren, quizá por primera vez, que son capaces de explicar a otros su trabajo.

#### 4. Algunas reflexiones como conclusión

Uno de los elementos decisivos del éxito de estas iniciativas ha sido el carácter mixto del grupo de trabajo y la colaboración Secundaria-Universidad, ya que cualquier idea o su realización se diseñan y perfilan teniendo en cuenta aspectos propios de la Enseñanza Secundaria, su dinámica específica y los agentes (profesores y alumnos) a los que van destinadas.

Preparar y mantener prácticas o demostraciones requiere un tiempo significativo. Si bien la estructura, organización y tradición docentes no ayudan, el motivo más inmediato por el que las demostraciones o las prácticas experimentales no forman parte de la docencia habitual en Física es el tiempo disponible, el de los profesores y el de las horas lectivas necesarias para completar los temarios. Las iniciativas del Aula Experimenta intentan fomentar aspectos muy importantes en una ciencia experimental, facilitando materiales e instrumentación unidos a propuestas didácticas. Y también animando al profesorado a introducir esos elementos innovadores de forma más autónoma, utilizando los recursos experimentales de sus propios centros.

Quienes hemos participado en estas actividades a lo largo de los años hemos percibido el interés, sorpresa y entusiasmo de los estudiantes cuando descubren por primera vez algún aspecto de la realidad física e intentan construir una explicación conceptual. Pensamos, por ejemplo, en los ojos incrédulos de un grupo de estudiantes que buscaban un motor que causara el giro de una banqueta —no podían creer que se debiera a la inversión del momento angular de la rueda de bicicleta realizada por quien estaba sentado encima—. Estos instantes impagables de fascinación, con los que nosotros mismos disfrutamos, creemos que se han traducido también en un aumento de estudiantes interesados en estudiar Física. Con una tendencia creciente desde hace siete años, ya desde hace tres se cuenta con 80 alumnos admitidos y 120 en lista de espera en la preinscripción, una nota de corte de 10,8 sobre 14, y una nota media de 8,7 sobre 10. Esta situación no nos consta como generalizable a otras facultades de Física, aunque sería necesario un estudio con datos de diferentes universidades para poder valorar mejor el impacto de las iniciativas del GTFA. En cualquier caso, nuestro objetivo más amplio es mejorar la formación en Física de todos los estudiantes, en particular de aquellos que se inclinan en general por carreras científicas y técnicas. De hecho, los materiales del Aula Experimenta se han utilizado también en la formación de los estudiantes que participan en la Olimpiada de Física y en un proyecto de Campus Científico de Verano de las universidades de Valencia en 2011 y 2012: “Un viaje fantástico con los pies en la Física”.

A través de nuestras actividades con los estudiantes hemos tenido experiencia directa de las dificultades que éstos encuentran más a menudo, relacionadas con una separación teoría-práctica que convierte en estériles a ambas. Richard Feynman experimentó personalmente este problema con un grupo de estudiantes universitarios que conocía las de-

finiciones e incluso deducciones teóricas sobre la polarización, pero era incapaz de reconocer el fenómeno cuando lo tenía a la vista y relacionarlo con esos conocimientos [3].

Pensamos que este punto clave de la comprensión, unido al de la motivación y entusiasmo por el conocimiento, se deben abordar desde el detalle disciplinar, superando la separación entre la instrucción educativa y la instrucción en contenidos. En palabras de Lillian McDermott [4]: “to be able to teach by inquiry, K-12 teachers need intensive preparation in both the content and process of physics. We need to encourage physics faculty to work with teachers in this way. They are likely to enjoy and to learn from the experience”. Esperamos poder contribuir de esta forma, también en los próximos años, y que nuestro trabajo sea de utilidad a quienes se animen a emprender iniciativas similares en otras universidades.

#### Referencias

- [1] José Ortega y Gasset trató en varios ensayos el problema de la técnica en su relación inseparable con la ciencia y la cultura en general, considerando el declive de estas dos últimas como una amenaza imparable para la primera. Sus comentarios están más vigentes que nunca: “En los laboratorios de ciencia pura empieza a ser difícil atraer discípulos. Y esto acontece cuando la industria alcanza su mayor desarrollo y cuando las gentes muestran mayor apetito para el uso de aparatos y medicinas creados por la ciencia [...]. La técnica es consustancialmente ciencia, y la ciencia no existe si no interesa en su pureza y por ella misma, y no puede interesar si las gentes no continúan entusiasmadas con los principios generales de la cultura”. J. ORTEGA Y GASSET, “La rebelión de las masas”. *Revista de Occidente* (Alianza Editorial, 20.ª ed., 2006), pp. 105 y 106.
- [2] Arnold B. Arons, del departamento de Física de la Universidad de Washington, dedicó sus esfuerzos a analizar esta y otras disfunciones y a proponer ejemplos, demostraciones y explicaciones dirigidos a incidir en los preconceptos y otros errores conceptuales, utilizando siempre un método mayeútico, de diálogo con los estudiantes, en el que la pregunta constante es: ¿cómo sabemos qué...? Su libro *Teaching introductory physics* (John Wiley & Sons, 1997) es, sorprendentemente, desconocido por la mayoría de docentes de Física, al igual que el de su colaboradora Lillian McDermott, *Physics by Inquiry*. Tampoco parecen formar parte de la bibliografía básica de los máster de formación del profesorado de Física.
- [3] R. P. FEYNMAN, *¿Está Ud. de broma Sr. Feynman?* (Alianza Editorial, 2003).
- [4] L. C. MCDERMOTT, “Preparing K-12 teachers in physics: Insights from history, experience, and research”. *American Journal of Physics* 74, 758 (2006).



**Chantal Ferrer-Roca**  
Dpto. de Física  
Aplicada y  
Electromagnetismo  
y GTF Arquímedes,  
Universitat de  
València.



**Miguel V. Andrés**  
Dpto. de Física  
Aplicada y  
Electromagnetismo  
y GTF Arquímedes,  
Universitat de  
València.



**Amparo Pons-Martí**  
Dpto. de Óptica y  
GTF Arquímedes,  
Universitat de  
València.