

# LABORATORIO ITINERANTE DE TERMODINÁMICA Y MAGNETISMO: UNA EXPERIENCIA PEDAGÓGICA EN LAS AULAS BONAERENSES

Guillermo A. Jorge\*, Leonardo A. Mingari y Claudio E. Chilotte

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires  
Instituto de Física de Buenos Aires (IFIBA) - CONICET  
Pabellón I, Ciudad Universitaria. Av. Cantilo s/n - (1428) – Buenos Aires - Argentina  
e-mail: gjorge@df.uba.ar

Recibido 28/02/11; aprobado 16/06/11

En este trabajo reseñamos el programa “laboratorio itinerante de termodinámica, magnetismo y física a bajas temperaturas”, una muestra itinerante de experimentos de física orientada hacia alumnos de la escuela secundaria, que incluyó demostraciones de termodinámica utilizando nitrógeno líquido, cambios de estado de la materia, propiedades de los sólidos y gases a bajas temperaturas, máquinas térmicas diversas, magnetismo, inducción magnética y levitación magnética. Se demostraron también las propiedades de levitación de superconductores de alta temperatura crítica, a través de un modelo de un tren levitado sobre vías magnéticas. La muestra se presentó en 32 oportunidades en 16 distritos de Capital y Provincia de Buenos Aires, con un total de 2.400 alumnos de escuelas secundarias presentes y más de 120 profesores de ciencias, durante el segundo semestre de 2009 y primero de 2010. El proyecto ha sido financiado por los programas “Exactas con la Sociedad 2” (FCEyN-UBA) e “Incentivo de Vocaciones para el Estudio de Física” (INVOFI, AFA).

Palabras Clave: Enseñanza de la Física, experimentos demostrativos, escuela secundaria.

In this paper we review the project “Thermodynamics, Magnetism and Low Temperature Physics Itinerant Laboratory”, an itinerant show of physics experiments oriented to high school students, which includes demonstrations of thermodynamics using liquid nitrogen, change of states of matter, properties of gases and solids at low temperatures, thermal engines, magnetism and magnetic levitation. The properties of a high temperature superconductor were also showed, using a levitating train model. The show was presented in 32 opportunities in Buenos Aires City and Province districts, during the second semester of 2009 and first semester of 2010. The project obtained financial support from the University of Buenos Aires (FCEyN-UBA) and the Argentinian Physical Society (AFA).

Key Words: Physics education, demonstrative experiments, high school.

## I. INTRODUCCIÓN

La física es una ciencia natural. Como tal, también es empírica, siendo entonces el experimento el pilar fundamental de su estructura conceptual. En el laboratorio es donde las teorías y especulaciones se prueban, se refutan, se generan. Es éste el lugar de trabajo fundamental del científico. Sin embargo, para la población en general, y en particular para los jóvenes en edad escolar, suele ser en el mejor de los casos un lugar misterioso y lúgubre, cuando no absolutamente desconocido. En este sentido, el objetivo de la educación en ciencias es lograr que los alumnos aprendan nuevos saberes que les ayuden a dar sentido al mundo que les rodea.<sup>(1)</sup> Para ello resulta fundamental el trabajo con el alumno en el laboratorio, ya que es el espacio natural donde se desarrollará el contacto con el fenómeno en estudio.

Varios factores conspiran contra el buen desarrollo del trabajo en el laboratorio: El poco tiempo dedicado a la experimentación en las asignaturas científicas de las escuelas secundarias, la falta de preparación de los profesores, que se profundiza aún más cuando hablamos de diseñar y llevar a cabo una práctica experimental, y

también la falta de equipamiento moderno en los laboratorios de las escuelas. Cuando hablamos con profesores de física de escuelas ellos mismos admiten que casi no utilizan el laboratorio. En general, ellos suelen tener una imagen empirista e inductivista que reduce los trabajos de laboratorio al seguimiento de recetas en forma sistemática, sin tener en cuenta el papel que el pensamiento creativo tiene en el trabajo científico.<sup>(1)</sup> Los alumnos se encuentran entonces, las pocas veces que van al laboratorio en su etapa escolar, con instrumentos obsoletos y experiencias poco atractivas. Se hace necesario entonces el desarrollo de herramientas para mostrar a los alumnos que hacer ciencia puede ser muy divertido y apasionante. El modo más apropiado de incentivar a los alumnos o de promover su motivación por la tarea está estrechamente asociado a la potencialidad informativa y problematizadora de las actividades de aprendizaje que se les propongan.<sup>(2)</sup> Las actividades de laboratorio proporcionan la oportunidad para introducir y dar significado a conceptos científicos, permiten verificar, o cuestionar, las ideas del alumnado, ofrecen la posibilidad de manipular, construir una imagen mental de procesos naturales, fomentar el conocimiento de la

\* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia.

naturaleza del trabajo científico y desarrollar actividades cognitivas como el análisis y la aplicación.<sup>(1)</sup>

Con estas ideas en mente hemos diseñado el dispositivo de intervención que describimos. En ese marco, se han realizado una serie de experiencias demostrativas muy atractivas que abarcan conceptos fundamentales en termodinámica, magnetismo y electricidad, y experimentos avanzados en materiales. Se tuvo como objetivo principal estimular a los profesores a que realicen más trabajo en el laboratorio, que acerque al alumno a los aspectos esenciales de la metodología científica, como son el plantear y precisar el problema a estudiar, emitir hipótesis como soluciones, y diseñar y realizar experimentos para su contrastación. También se pretendió aumentar la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje de las ciencias. Por la experiencia que tuvimos a lo largo del proyecto creemos firmemente que hemos cumplido esos objetivos.

## II. EL LABORATORIO ITINERANTE

En esta sección describiremos brevemente los diferentes experimentos que formaron parte de la muestra itinerante. Los conceptos físicos fundamentales involucrados pueden consultarse en la referencia (3).



Figura 1. Demostrando propiedades del nitrógeno líquido.

### Estados de la materia y cambios de estado

Como inicio de la serie de experimentos de termodinámica y con el objeto también de acaparar la atención de los alumnos, se mostraron las propiedades físicas del nitrógeno líquido (fig. 1), y se las comparó con las del agua para demostrar los distintos estados de la materia: Sólido, líquido y gaseoso, y las distintas transiciones entre ellos. Se remarcó la diferencia en la temperatura a la cual ambos líquidos entran en ebullición. Se confinó el gas nitrógeno evaporado en un globo y se observó su comportamiento. Se mostró la diferencia del volumen ocupado por una cierta cantidad de líquido y por la misma masa de gas.

### Propiedades de los gases a bajas temperaturas

Utilizando globos de helio y de aire, se demostraron sus volúmenes al ser enfriados utilizando nitrógeno líquido (fig. 2). Se relacionó con la ley de los gases

ideales, que marca cómo decrece el volumen con la temperatura del gas. Se mostró el cambio de estado gas-líquido cuando el gas utilizado fue aire.



Figura 2. Globos de aire y helio enfriados con nitrógeno.

### Propiedades de los sólidos a bajas temperaturas

Se demostraron las propiedades de rigidez de diferentes cuerpos a temperatura ambiente y cuando se los enfría a la temperatura de nitrógeno líquido. Se utilizaron planchas metálicas, mangueras de goma, plastilina, flores y frutos para hacer más atractiva la experiencia (fig. 3). Los alumnos aprendieron los distintos estados elásticos de los metales, los materiales blandos (o gomosos) y de los tejidos biológicos.



Figura 3. Propiedades de flores y mangueras de goma a bajas temperaturas.

### Máquinas térmicas simples

Se mostraron diversas máquinas que funcionan con diferencias de temperatura. Se intentó que el alumno pudiera observar cómo obtener energía de una diferencia de temperatura mediante un motor térmico. Se utilizaron dispositivos que funcionan con distintas fuentes de calor (pajarillos bebedores, máquinas de Stirling, motor de Herón, radiómetros, etc., ver fig. 4). Se pretendía inducir a que los alumnos descubrieran el mecanismo de funcionamiento de cada una de ellas, no siempre trivial, y su relación con las experiencias anteriores.

### Propiedades eléctricas y magnéticas

Se realizaron diferentes experiencias que involucran conceptos básicos de electricidad (resistencia eléctrica, materiales conductores y aislantes), magnetismo y su interacción (ley de inducción de Faraday). Se observó la caída de una rueda imantada y de otra no imantada por una serie de rampas metálicas y no metálicas. Los alumnos fueron descubriendo la relación de la velocidad de caída con la resistividad del metal con la ayuda del docente. Se repitió la experiencia con las rampas

enfriadas con nitrógeno líquido y se comprobó el efecto de la temperatura en la resistencia del material metálico.



Figura 4. Máquinas térmicas simple: Lanchita pof-pof, pajarillo bebedor y máquina de Stirling.

### Experimentos avanzados

Se demostraron experiencias de levitación magnética, y un experimento de levitación en superconductores de alta temperatura crítica (fig. 5), utilizando un modelo de tren de levitación (para un panorama sobre el efecto de levitación en superconductores puede consultarse la referencia (4)). Se intentó explicar de una manera sencilla los conceptos termodinámicos y magnéticos que dan origen al fenómeno basándose en las experiencias anteriores. Se observó la transición de fase ocurrida al calentar el material por encima de su temperatura crítica. Se discutió con los alumnos la posibilidad de aplicaciones tecnológicas del fenómeno, y de otros relacionados como la levitación magnética, y su aplicación a los desarrollos de trenes de levitación ya existentes en distintas partes del mundo.



Figura 5. Experimentos de levitación magnética y modelo de tren levitado superconductor.

### Material bibliográfico y de evaluación

Se ha escrito una guía de actividades de cuarenta páginas para docentes y alumnos con explicaciones de los experimentos, actividades y bibliografía adicional. Se planificaron encuestas diferenciadas para docente y directivos, y para alumnos, con el objeto de evaluar el impacto de la visita en cada escuela. Se ha diseñado también una página en Internet para el proyecto, en donde se puede consultar la guía práctica, llenar las encuestas, y ver fotografías de los experimentos de la muestra. (5)

### III. INTERVENCIONES

En total se realizaron 32 intervenciones, de las cuales 5 fueron en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (3 en el marco de la semana de la física 2010), 19 en el Conurbano (distritos de Almirante Brown, Berazategui, Florencio Varela, La Matanza, Moreno, Merlo, Morón, San Fernando y Tigre), y 10 en el interior bonaerense (distritos de Carmen de Areco, Chascomús, Chivilcoy, Coronel Brandsen, San Andrés de Giles y San Pedro). La figura 6 muestra el mapa de intervenciones.

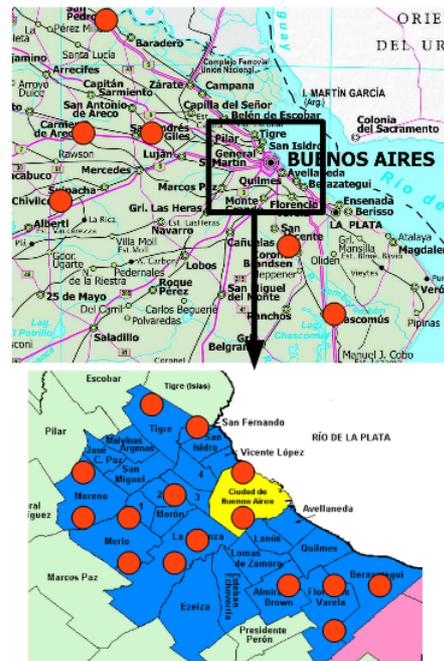


Figura 6. Mapa de intervenciones.

### IV. EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LA MUESTRA

#### Impacto en alumnos y docentes

Utilizando como mecanismo de evaluación de impacto las encuestas descritas anteriormente hemos arribado a ciertas conclusiones generales sobre la manera en que se manejan los temas científicos en la escuela secundaria, y el impacto de la muestra sobre dicha población objeto.

Primeramente debemos remarcar que los profesores tienen una visión algo pesimista sobre el interés que despiertan los temas científicos en sus alumnos. El 75% de los alumnos se manifestaron interesados por los temas científicos. También es verdad que el interés que despertó la muestra en los alumnos es casi imposible sostenerlo en el día a día. Encontramos mucha necesidad en las escuelas de realizar actividades de este tipo, que logre impactar en el alumnado y aumentar su interés, haciendo las clases un poco menos monótonas. Un 90% de los profesores creen que este tipo de actividades pueden ayudarlos a mantener el interés y la atención de sus alumnos.

Hemos podido comprobar que un 30% de escuelas ni siquiera posee un espacio adecuado para el trabajo experimental en ciencias. En algunos casos fueron directamente inexistentes y en otros eran espacios de

laboratorio realmente muy pobres, que ni siquiera satisfacían las condiciones básicas de higiene y seguridad necesarias. Eso nos marca la labor que hay que realizar en las escuelas previo incluso a pensar que se puede incentivar a los alumnos a hacer trabajo experimental. Se debe acondicionar espacios para poder ser utilizados como laboratorios antes que nada. En la mayoría de las escuelas nos han indicado que el laboratorio sólo se utiliza ocasionalmente.

Hemos podido comprobar la predisposición natural de los alumnos para realizar tareas de laboratorio cuando son estimulados a hacerlo, ya que un 70% de ellos se manifestaron dispuestos a hacer más experimentos en horas de clase. Esto demuestra el potencial que poseemos en nuestras aulas, y también nos marca la necesidad que se generen actividades extraescolares que vinculen a alumnos y docentes de diferentes escuelas. La extrema dificultad de las escuelas para generar salidas debido a falta de recursos y agobiante burocracia es una traba muy importante para el desarrollo de la comunicación interescolar y el encuentro con otros ámbitos de desarrollo del conocimiento como son la Universidad o institutos de investigación. Debe brindarse a las escuelas financiamiento y facilidades para que puedan realizar visitas, concurrir a charlas o semanas de la física, etc. Estas actividades son de gran importancia para el desarrollo de la vocación en todos los ámbitos de la vida, incluida la vocación científica. En este sentido destacamos el fuerte impacto positivo de la muestra, tanto en docentes como en alumnos. Cerca de un 94% de los alumnos han visto la muestra como muy atractiva, así como el 100% de los docentes encuestados.<sup>(7)</sup>

Los docentes necesitan también que se los apoye con material bibliográfico para sus clases que sea moderno, entendible y utilizable en el ámbito de laboratorios poco provistos como los que tenemos en la mayoría de las escuelas. Tratamos de apuntar un poco hacia allí con nuestra guía de experimentos y nuestra página web. Mediante las encuestas también comprobamos que hemos podido transmitir en la mayoría de los casos, los conceptos físicos involucrados en los experimentos mostrados. En las escuelas técnicas los alumnos quisieron que presentemos las explicaciones con mayor profundidad, dado que ellos tenían una mejor base científica.

En cuanto al nivel socioeconómico de la población estudiantil afectada por este proyecto, hemos determinado que un 65% corresponde a un nivel medio-bajo y un 35% a un sector bajo.

### Impacto mediático e institucional

El impacto en el ámbito académico y mediático fue bueno, tal es así que nos han hecho una nota en el programa "Científicos Industria Argentina", emitido en el mes de noviembre de 2009 por canal 7 (la Televisión Pública), con motivo del proyecto de Laboratorio Itinerante de Física.<sup>(6)</sup> También nos han hecho notas de un canal de televisión y una radio local de San Pedro.

Por otra parte, el proyecto ha sido declarado de Interés Educativo mediante resolución N° 3267 (29 de Octubre de 2009) por el Ministerio de Educación de la Provincia de Buenos Aires. Asimismo, el Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA) ha incluido el video de la referencia (6) en su página de difusión.

TABLA 1: EL PROYECTO EN SÍNTESIS.

Cantidad de intervenciones realizadas	32
Distritos involucrados	16
Profesores presentes	125
Alumnos presentes	2.400
Distancia total recorrida	2.600 km
Gastos de traslado	1.900 \$
Gastos de insumos	8.800 \$
Monto destinado a becario	3.600 \$
Monto total erogado	14.300 \$

### V. CONCLUSIONES

En la tabla 1 podemos ver una síntesis de los principales números del proyecto realizado, incluyendo los datos de financiamiento. El proyecto tuvo una gran aceptación en el ámbito escolar, con un fuerte impacto positivo en docentes, alumnos y personal directivo, los cuales se interesaron mucho por todos los experimentos mostrados. Seguramente generará un marcado interés en el alumnado por otras actividades científicas futuras, y un mayor acercamiento a las actividades experimentales en el laboratorio escolar por parte de los profesores que presenciaron la muestra. Esto se refleja también en la cantidad de pedidos de visitas que constantemente recibimos de parte de los docentes y directivos que presenciaron la muestra. Esperamos poder contar con financiamiento para poder continuar con estas actividades de extensión universitaria.

### Referencias

- 1 – del Carmen, L. (Ed.), *“La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria”*. Editorial Horsori, Barcelona (1997).
- 2 – Fumagalli, L., *“El desafío de enseñar ciencias naturales”*. Editorial Troquel, Buenos Aires (1993).
- 3 – Feynmann R., Leighton R. and Sands, M., *“The Feynmann Lectures on Physics”*, Vol. I y II. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington (1987).
- 4 – Valenzuela, S., Jorge, G.A. and Rodríguez, E.E., *Am. J. Phys.*, **67**, 1001 (1999).
- 5 – [www.lbt.df.uba.ar/escuelas](http://www.lbt.df.uba.ar/escuelas).
- 6 – El video completo puede verse en el siguiente enlace: <http://www.youtube.com/watch?v=kGg-Itu4Beo>.
- 7 – Jorge, G.A., *“Informe final para proyecto Exactas con la Sociedad 2”*. Documento interno FCEyN-UBA (2010).