

Enseñanza de las ciencias, desafíos y oportunidades

Salvador Gil

Escuela de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de San Martín – Buenos

Aires – Argentina

e-mail: sgil@unsam.edu.ar

Jornada Pedagógicas UNSAM

28 septiembre 2006

En las últimas décadas se realizaron números estudios para tratar de comprender y mejorar los métodos de enseñanza de las ciencias. Estos estudios surgieron en respuesta al hecho que una importante proporción de estudiantes, principalmente en el ámbito de las escuelas medias, son poco receptivos a las ciencias y encuentran dificultades en su comprensión y aprendizaje. Estas dificultades también están presentes a nivel universitario y se manifiestan en parte en la baja proporción de estudiantes que eligen carreras de ciencia y tecnología. En este trabajo se describen algunas de las deficiencias más notables de los enfoques pedagógicos tradicionales y se discute brevemente algunas alternativas que nuestro grupo de trabajo exploró en los últimos años.

Introducción

En Argentina, al igual que en muchos otros países de occidente, existe una creciente preocupación por hacer más eficiente y efectiva la tarea de educar y atraer a más estudiantes a las ciencias y la tecnología. Nuestras sociedades enfrentan crecientemente desafíos y encrucijadas, como la necesidad de crecer y desarrollarse, explorar nuevas fuentes de energías y al mismo tiempo proteger el medio ambiente. En una sociedad democrática, responder adecuadamente a estos desafíos, requiere de una población con una formación cultural y científica-tecnológica considerable. Asimismo el importante crecimiento de la economía global, muestra el creciente rol de la ciencia y la tecnología en la creación y mejora de productos. Hay pocas dudas en que la mejor forma de enfrentar estos desafíos requiere de ciudadanos con una sólida formación cultural y una comprensión adecuada de la ciencia y la tecnología. Asimismo, para mejorar nuestras posibilidades de desarrollo e inserción económica en el mundo se necesita de más y mejores profesionales científicos y tecnológicos.

De este modo surgen dos necesidades diferentes, pero estrechamente vinculadas, en el horizonte de la enseñanza de las ciencias:

- ✓ Cómo lograr una mejor y creciente *alfabetización científica* en nuestros ciudadanos.
- ✓ Cómo *atraer, educar mejor y más eficientemente* a nuestros futuros tecnólogos y científicos.

Es importante diferenciar estos dos objetivos. No se trata de entrenar a la población total de estudiantes en los detalles de los cálculos y las manipulaciones científicas y tecnologías. Quizás más deseable y realista sería

lograr una comprensión de los procesos y métodos que la ciencia usa para validar sus leyes y principios. Para participar responsablemente de los debates de contenidos científicos o tecnológicos es imprescindible tener la capacidad de diferenciar entre una presunción y un hecho científico; capacidad para diferenciar entre verdaderos expertos y pseudo-científicos y charlatanes. Es importante entender la función de las observaciones y experimentos en el establecimiento de las leyes y teorías científicas y el carácter provisorio de las teorías de las ciencias fácticas y su dinámica.

Esto es muy distinto de lo que usualmente se enseña en muchas escuelas medias. Por lo general el énfasis está puesto en la solución de problemas numéricos, en muchos casos artificiales. Esto lleva a muchos de nuestros estudiantes a asociar la física y la química con un conjunto de fórmulas y procedimientos artificiosos para lograr resultados cuantitativos. Otra aproximación usual en los cursos de ciencia para escuelas medias, consiste en realizar un apretado resumen de los cursos para estudiantes de ciencias más avanzados. De este modo no es infrecuente encontrarse con cursos para principiantes que son solo una versión compactada y ligera de programas más serios. Muchos estudios muestran^{1,2} que estas aproximaciones son poco efectivas y tienden a alejar a los estudiantes de las ciencias.

Por su parte, educar mejor y más eficientemente a nuestros futuros tecnólogos y científicos implica el uso de enfoques y procedimientos, diferente a los se emplean para lograr una mejor y más extendida alfabetización científica. De todos modos, es muy posible que una mejora en la enseñanza de las ciencias, estimule a que una fracción mayor de jóvenes estudiantes se sientan atraídos por estas disciplinas. Asimismo es previsible que ciudadanos con una mayor comprensión del rol de la ciencia en la sociedad estarán mejor predispuestos a apoyar esta actividad.

Sin embargo, es importante tener presente que lograr una mayor comprensión de la ciencia por los ciudadanos en general es, en sí mismo, un objetivo importante y deseable.

Tanto en la UNSAM como en otras universidades de Argentina, hemos desarrollado una experiencia educativa que apunta a mejorar la enseñanza de la física en cursos universitarios. El enfoque utilizado a nivel universitario fue ensayado en varias casas de estudios de Argentina y se basa en el desarrollo de mini-proyectos de investigación diseñado por los propios estudiantes. Se pone énfasis en los aspectos metodológicos de las ciencias y en la innovación tecnológica. Los resultados logrados sugieren que esta aproximación es una herramienta eficaz para introducir a los estudiantes al mundo del desarrollo tecnológico y la investigación científica. Creemos que este enfoque es una alternativa válida y viable para lograr un aprendizaje significativo de las ciencias y constituye un complemento útil a las clases de teoría y problemas convencionales. Finalmente discutimos brevemente las características de los talleres de capacitación docentes de escuelas medias que se vienen realizando en nuestra universidad. Creemos que todo el esfuerzo que se pueda realizar para aportar a los docentes medios con herramientas y recursos para mejorar la

enseñanza de las ciencias a ese nivel es un aporte valioso para todo el sistema educativo y para despertar más vocaciones en las ciencias.³

Hacia una enseñanza significativa

Operacionalmente podríamos decir que una *educación científica significativa* es la que acerca a los estudiantes a enfocar y resolver los problemas con una metodología similar a la de los científicos practicantes. Los científicos en general, y los físicos en particular, tendemos a ver nuestra disciplina como una estructura integrada y coherente de conceptos que describen la naturaleza. Sus enunciados e hipótesis son permanentemente confrontados con los datos observacionales o experimentales. Esta visión integrada de conceptos es aplicada por los científicos a una gran variedad de situaciones y problemas. Desgraciadamente, una fracción importante de estudiantes ve a la ciencia (y la física en particular) como un conjunto de información y técnicas disociadas, transmitidas por personas con "autoridad" suficiente pero cuyos conceptos rara vez se aplican a la realidad. Estas técnicas aparentan más bien servir para resolver problemas artificiosos (problemas de exámenes) desconectados del mundo real.⁴ Una de las características más importantes y bellas de la física es que un conjunto reducido de principios puede explicar una gran variedad de fenómenos. Esta idea no es bien comprendida por los estudiantes. Nuestros cursos en general enfatizan la información científica y los procedimientos de cálculo por encima de la comprensión cualitativa y el carácter logico-empírico de su método.

Características del método tradicional de enseñanza de las ciencias

En muchas instituciones universitarias y terciarias de buena parte del mundo, incluyendo a nuestro país, la enseñanza de la ciencia se realiza en un formato basado en clases teóricas, clases de resolución de problemas y secciones de laboratorios. Este método de enseñanza se fundamenta más en la tradición que en un análisis crítico del mismo. Los profesores tendemos a enseñar en el mismo modo en que nos educamos. Siguiendo las investigaciones realizadas por varios autores,^{2,5} desearíamos reseñar brevemente algunas de las limitaciones de este enfoque.

En cuanto a las clases teóricas, numerosos estudios muestran la poca efectividad de las mismas. Varias investigaciones realizadas en EE.UU. reportan resultados sorprendentes en cuanto a la efectividad de las clases teóricas.² Algunos de estos estudios consistieron en interrogar a los estudiantes al salir de las clases. Una fracción importante de los estudiantes sólo pudo definir de modo general el tema que se trató en la misma. En encuestas realizadas en muchas universidades con distintos tipos de docentes, los estudiantes típicamente pueden responder sobre menos del 10% de los temas y conceptos discutidos en clase.² Esta cifra es similar para cursos de grado y postgrado.⁶ También existe una tendencia en muchos docentes a pensar que el exponer claramente un tema en clase, en forma automática aclara estos

conceptos a los alumnos. Esta actitud ignora la complejidad del proceso de aprendizaje y la modificación de conceptos y valores en los estudiantes.⁵

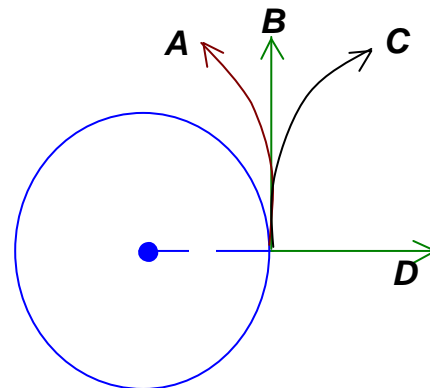
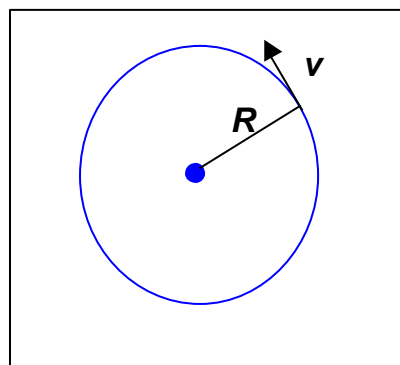
Asimismo, varios estudios realizados, muestran que muchos estudiantes son capaces de resolver problemas cuantitativos sin tener una comprensión conceptual de los tópicos subyacentes.^{2,4,5,6,} De este modo el método tradicional de enseñanza tiende a transformar a los estudiantes en “expertos” en el uso y manipulación de fórmulas.

Otro riesgo de las clases teóricas tradicionales, cuando no están adecuadamente complementadas con discusiones o laboratorios participativos, es que tienden a acentuar la distorsión de pensar la ciencia como un conjunto de información lograda por destacadas autoridades y desprendida de su método y dinámica.

E. Mazur⁶ diseñó una serie de problemas como el de la figura siguiente para evaluar la habilidad de cálculo y comprensión conceptual. Este problema fue ensayado por el autor en uno de sus cursos con resultados similares a los hallados por Mazur.

Problema: Una piedra de $\frac{1}{2}$ Kg se mueve sobre una mesa horizontal sin roce. Está atada a un hilo de 30 cm que como máximo puede soportar una fuerza de 50 N sin romperse. A) Calcule la máxima velocidad angular de la piedra para que el hilo no se rompa. B) Si el hilo se rompe, indique según la teoría estudiada en clase cual de las trayectorias sigue la piedra. C) Si el hilo efectivamente se rompiera. En realidad cual es la trayectoria que Ud. cree que en verdad seguirá la piedra.

Si se rompe el hilo ¿qué trayectoria sigue la piedra?



Resultados: Después de aprobar los parciales de mecánica, 75% de los estudiantes respondieron correctamente el punto A). Solo 35% el punto B y el 20% el punto C. La respuesta más elegida para el punto C) fue la trayectoria A. Nótese que algunos estudiantes, habiendo respondido correctamente el punto B, al responder el punto C cambian su respuesta, indicando que lo que ocurre en la realidad no se relaciona con lo estudiado en la teoría.

Finalmente, es común en muchas universidades considerar a las clases de laboratorio como un apéndice de la materia. El objetivo de los mismos se limita

a verificar o ilustrar las leyes expuestas previamente por el docente o al uso de instrumental. Este tipo de actividad no aporta un aprendizaje significativo y en muchos casos resultan tareas monótonas que despiertan poco interés en los alumnos y no pocos docentes.

¿Todo esto significa que las clases teóricas, de problemas y laboratorio no sirven? No necesariamente. De hecho hay mucha evidencia que estas clases integradas en ámbitos de mayor participación y con enfoques diferentes, pueden incrementar significativamente su efectividad.^{6,9} Lo que sí parece cierto es que no hay una respuesta única y definitiva para este complejo problema.

En el último medio siglo, uno de los pioneros en el campo de la educación en ciencias de los EE.UU., Arnolds Arons,⁷ desarrolló varias alternativas muy interesantes para paliar las limitaciones de las aproximaciones tradicionales. El método que Arons propone se basa en los enfoques a la enseñanza de Sócrates, Platón, Rousseau y Piaget entre otros. Su propuesta está orientada a que los estudiantes puedan responder las preguntas: ¿Cómo sabemos esto?, ¿Por qué creemos en aquello?. Estas preguntas ilustran la naturaleza del pensamiento científico. Esta aproximación fue perfeccionada y desarrollada en varias versiones que actualmente se ensayan con éxito en varias universidades.⁸ Este enfoque pone énfasis en la comprensión conceptual y metodológica de la ciencia y el abandono del método convencional basado en clases teóricas con estudiantes que escuchan en actitud pasiva. Asimismo, muchos estudios sugieren la necesidad de concentrarse en pocos tópicos y a ellos tratarlo con mayor profundidad (*menos es más* en la enseñanza).

Enseñanza de las ciencias en las escuelas medias

En Argentina, al igual que en muchos otros países de occidente, existe una creciente preocupación por lo poco efectivo que resulta la enseñanza de las ciencias en las escuelas del ciclo medio. Esto se aleja del propósito de lograr una buena alfabetización científica y tecnológica en nuestros estudiantes.

Nuestro sistema educativo actual conserva ciertas características notables en lo que se refiere a la enseñanza de las ciencias, que en resumen son:

- ✓ poca o nula experimentación,
- ✓ muchas veces las ciencias se enseñan en un clima de “formalidad, seriedad y rigidez” que les sustrae su carácter lúdico y de aventura, que son elementos importantes en su desarrollo y motivación,
- ✓ énfasis en la transmisión de resultados científicos a nivel informativo, con poca atención en los procedimientos y a la metodología científica,
- ✓ privilegio de cálculos cuantitativos sobre la comprensión cualitativa de los fenómenos,
- ✓ la enseñanza de las ciencias se realiza a través de lo que algunos educadores denominan “inoculación verbal”,⁵
- ✓ las ideas previas de los estudiantes no son tenidas en cuenta,

- ✓ las iniciativas individuales son dejadas de lado y muchas veces consideradas interruptivas,
- ✓ para una buena fracción de los estudiantes que egresan de nuestras escuelas, lo que saben de las ciencias al final del recorrido, y en particular de la física, es que no les gusta y que son difíciles. Para muchos, la experiencia de haber estudiado ciencias en la escuela secundaria fue una secuencia de frustraciones.

Si bien es cierto que en lo relativo a estas deficiencias de la enseñanza de las ciencias no estamos solos en el mundo, es un desafío para los que estamos involucrados en la enseñanza de ellas cambiar los métodos y mejorarlos continuamente.

A causa de esta frustración con los resultados de los métodos tradicionales se gestaron en varios países numerosas investigaciones por parte de científicos cognitivos y físicos para entender este fenómeno social. Los resultados de estos estudios claramente corroboran las limitaciones de los enfoques tradicionales, lo que ha llevado a formular nuevas alternativas que apuntan a revertir este fenómeno.^{2,3,6,9} En los EE.UU., por ejemplo, se han ensayado en los últimos años varias de estas nuevas alternativas y, de hecho, existe un programa auspiciado por la National Science Foundation de ese país.^{1,2} Los nuevos modos de enseñanza de las ciencias tienen muchos aspectos comunes con la aproximación constructivista del aprendizaje –lo que de manera metafórica también puede entenderse como “aprendizaje por inmersión”, es decir la manera de aprender ciencia haciendo ciencia.

Otro de los problemas observados por numerosos investigadores es la confusión de objetivos entre la enseñanza de las ciencias a los ciudadanos en general y la enseñanza de la misma a futuros practicantes profesionales. En este último caso, claramente el objetivo tiene que apuntar a la comprensión profunda de los conceptos básicos, además del desarrollo de habilidades suficientes para realizar cálculos cuantitativos de situaciones variadas y nuevas. No es para nada obvio que estos objetivos deban perseguirse también en un programa de alfabetización científica más abierto y general.

Nuestro Aporte

En nuestra universidad, en colaboración con docentes de otras universidades argentinas, hemos creado una red de docentes de ciencia. Mediante el proyecto "Red Participativa. Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente", auspiciado por la UNSAM y financiado por el Ministerio de Educación, hemos desarrollado un programa de innovación en educación en la escuela media. Su fin es generar propuestas educativas de integración de las áreas de física, matemática, informática, química y tecnología del medio ambiente, que promuevan un mejoramiento en la enseñanza de las ciencias en los ciclos medios de Argentina. Nuestro objetivo es rescatar y potenciar las buenas ideas de docentes de distintas escuelas, de manera de generar un conjunto de proyectos de bajo costo para su uso en las aulas-laboratorios y hacerlos accesibles a toda

la comunidad educativa del país a través de un sitio en Internet www.cienciaredcreativa.org.

En los talleres que se realizan en nuestra universidad dentro de este marco los docentes de las escuelas proponen proyectos. Los mismos se ensayan y se mejoran con la asistencia y colaboración de los coordinadores del taller. Creemos que disponer de un conjunto de proyectos, hilvanados en una filosofía coherente, puede llegar a generar un aporte valioso para muchos docentes de ciencias. En este sentido, la formación de una red de profesores de ciencias, donde se integren docentes de los distintos niveles, constituye un medio favorable en donde puedan hacer un aporte positivo para paliar alguna de las deficiencias de los métodos tradicionales. Asimismo, estos talleres tienden capacitar a los docentes en el uso de nuevas tecnologías en el aula y a hacerlos participes de una inmersión en las ciencias junto con investigadores activos de la universidad. Creemos que esta interacción y contacto con las ciencias puede ser una experiencia valiosa, que esperamos redunde en beneficio de su efectividad en las aulas.

La red participativa de ciencias se propone publicar a través del sitio de Internet el siguiente material:

- ✓ Proyectos experimentales de bajo costo, para su realización en el aula.
- ✓ Trabajos de docentes que participan en los talleres y realizaron proyectos que pueden servir para el mejoramiento de la actividad educativa en sus escuelas, con sugerencias y recomendaciones para sus pares.
- ✓ Monografías sobre temas especiales, tal como: ¿Qué es la Ciencia?, Introducción a la cosmología, susceptibles de discutir en las escuelas medias.

La segunda línea de trabajo es la creación de una red de escuelas que investigan temas multidisciplinarios de interés mutuo, escuelas y Universidad. El objetivo es desarrollar cursos completos de diferentes disciplinas científicas de manera transversal y no compartimentalizada. En esta dirección se coordina el trabajo de cerca de 200 alumnos y 20 profesores de 5 establecimientos del conurbano bonaerense. Los temas que se están estudiando son: valorización de residuos urbanos por obtención de biogas y análisis microbiológico de aguas.

Esta experiencia debe ser considerado solo un pequeño aporte a un problema que es muy complejo y que requiere de un esfuerzo mancomunado de autoridades educativas, docentes y la comunidad toda. La experiencia demuestra que para lograr resultados significativos es imprescindible disponer de objetivos claros, realistas y consensuados. Asimismo, es imprescindible disponer de un programa de capacitación y apoyo docente sostenido en el tiempo. En este sentido nuestro proyecto es un pequeño aporte en esta última dirección.

En nuestra universidad también se desarrolla una alternativa de acción directa, el Laboratorio Cero, que llega directamente a los alumnos. En este ámbito se hace

participar a estudiantes motivados en pequeños proyectos de ciencia y tecnología. Este laboratorio demostró ser útil para lograr efectos puntuales y despertar vocaciones.

Enseñanza de las ciencias en las universidades – Enfoque lógico-empírico

Una de las características distintivas de los tiempos que vivimos, es el constante devenir de cambios tecnológicos, económicos, políticos y sociales. También la experiencia de las últimas décadas deja en claro lo terriblemente limitado de nuestra capacidad para predecir el sentido u orientación de estos cambios. Pensemos por ejemplo lo inesperado y sorprendente que fueron la caída del muro de Berlín o la irrupción de Internet en el mundo. Ante estas realidades y limitaciones de nuestros pronósticos del futuro, surge naturalmente la pregunta: ¿cómo podemos preparar a nuestros estudiantes en ciencias e ingeniería, cuando estamos casi seguros de que en su vida profesional usarán técnicas y equipos que hoy nos son desconocidos y que las técnicas y equipos con que los preparamos seguramente serán obsoletos antes que ellos egresen de nuestras universidades? Desde luego las respuestas a estos interrogantes son muy complejas y difíciles, sin embargo el intento de elaborar una respuesta es un desafío ineludible para un educador.

Una posible respuesta a este dilema de la educación actual es enfatizar el desarrollo de habilidades y actitudes lo más básicas y amplias posibles, de modo tal que los estudiantes tengan la capacidad de adaptarse a situaciones nuevas y cambiantes. En ese sentido la enseñanza de las ciencias básicas, como la física en este caso, puede hacer un aporte valioso a la formación profesional, siempre y cuando se enfatizen sus aspectos *formativos* y *metodológicos* a la par de contenidos de *información específicos*. Así, por ejemplo, cuando discutimos y estudiamos el péndulo en el laboratorio, está claro que lo esencial no son necesariamente las leyes del mismo. Es poco probable que alguien termine trabajando con un péndulo en su vida profesional y evidentemente existe abundante información sobre este tema en la literatura que puede ser consultada en cualquier momento. Sin embargo, la metodología que usamos para estudiar su comportamiento, “descubrir” las leyes de un péndulo, poner a prueba nuestras hipótesis, ensayar explicaciones, analizar críticamente nuestros resultados y la búsqueda de información para lograr una mayor comprensión del problema, es común a muchas áreas del quehacer profesional de ingenieros y tecnólogos actuales y seguramente del futuro.

Por otro lado, operando con sistemas simples, resulta estimulante y altamente educativo desarrollar innovaciones a los sistemas clásicos, e introducir nuevas tecnologías que permitan un estudio más detallado y preciso de los fenómenos estudiados. El desarrollo de una actitud activa frente al conocimiento y predisposición y confianza en la innovación, son, y seguramente serán en el futuro, herramientas muy valiosas en el desenvolvimiento profesional de nuestros educandos.

Otro aspecto que hemos considerado importante en la introducción de los estudiantes a la física es el de su *comprensión* por sobre el de la mera

información científica. Podríamos decir que lo que caracteriza a un científico no es aquello en lo que cree sino las razones que lo llevan a creer en eso. Cada teoría científica se basa en hechos empíricos. Con el transcurrir del tiempo se descubren nuevos hechos, otros son modificados o inclusive encontrados erróneos. En consecuencia nuestras concepciones científicas deben ser revisadas y modificadas. Por lo tanto el conocimiento científico es por su propia naturaleza un conocimiento tentativo susceptible de ser refutado por las observaciones o experimentos. También, en un programa de educación científica es importante estimular en los estudiantes una *actitud crítica* hacia el conocimiento en general y el científico en especial. La ciencia es una herramienta muy poderosa para el entendimiento y la modificación de nuestro mundo natural, pero es también limitada.

Para alcanzar estos objetivos es útil concentrarse en pocos tópicos fundamentales donde los supuestos básicos y hechos empíricos que sostienen las teorías pertinentes son discutidos cuidadosamente. Esto es privilegiar la **intensidad** del tratamiento de los temas sobre la **extensión**.

Es ese sentido el laboratorio es una excelente herramienta pedagógica y en muchos aspectos, un ámbito esencial para la enseñanza de la ciencia en un nivel introductorio. El laboratorio brinda a los estudiantes la posibilidad de aprender a partir de sus **propias experiencias**. También puede y debe ser usado para **estimular la curiosidad** y el **placer por la investigación**. Brinda a los alumnos la posibilidad de explorar, manipular, sugerir hipótesis, **cometer errores y reconocerlos**, y por lo tanto aprender de ellos. En las sesiones de laboratorio es deseable guiar a los estudiantes a través de preguntas cuidadosamente seleccionadas con el fin de descubrir o redescubrir hechos nuevos e inesperados y elaborar así modelos que puedan explicarlos. El hecho de encontrar resultados *inesperados* estimula el proceso de aprendizaje y mantiene el interés de los estudiantes. Esto es más constructivo que usar las sesiones de laboratorio para verificar resultados ya discutidos en el texto. Las soluciones de los problemas experimentales no pueden ser encontradas al final del libro, por lo tanto es un desafío para los estudiantes que deben confiar en su propio criterio y adquirir confianza en su conocimiento.

El estímulo de la **creatividad** es otro objetivo fundamental que puede alcanzarse en el laboratorio. Al aceptar y alentar las variaciones a los problemas dados, es muy gratificante ver como muchos estudiantes encuentran nuevos caminos para alcanzar un objetivo dado o pueden incluso encontrar un nuevo objetivo tal vez más valioso que el originalmente concebido por el instructor. El análisis y la elaboración de los informes de laboratorio son también muy valiosos en el proceso de aprendizaje. Aquí los estudiantes deben resumir sus observaciones y experiencias, describir sus resultados y compararlos con las expectativas teóricas. Asimismo, es importante para los alumnos apreciar el grado de acuerdo o desacuerdo, establecer conclusiones, etc.

Hay además, importantes subproductos provenientes de este último paso, como ser el desarrollo de la habilidad para *escribir informes*, utilizar computadoras para la adquisición de datos y/o para analizarlos y adquirir experiencia en

conceptos básicos de estadística a partir de discusiones sobre los errores experimentales y del nivel de significación de sus observaciones. La utilización de instrumentos que les permita expandir su capacidad de observación y la habilidad de realizar mediciones es en sí misma una experiencia fructífera para los estudiantes. La mayoría de los proyectos experimentales, por su naturaleza, deben ser llevados a cabo por un grupo de personas, lo que promueve la cooperación entre los estudiantes y el trabajo en equipo.

En resumen, el laboratorio naturalmente brinda una excelente oportunidad para simular situaciones bajo las cuales la ciencia y la tecnología se desarrollan. Otro aspecto importante que creemos puede mejorar en gran medida la calidad de la educación es ofrecer a los estudiantes la posibilidad de participar en proyectos de investigación de sus instructores. En el caso de los estudiantes les brinda la oportunidad de tomar parte en el proceso real de desarrollo científico, experimentar sus logros y sus frustraciones, y eventualmente realizar alguna contribución para expandir nuestro conocimiento.

Muchas de las ideas aquí planteadas, fueron en gran medida implementadas en cursos de física y laboratorios que hemos tenido la oportunidad de dictar en diversas universidades del país, en particular la Universidad de Buenos Aires (Laboratorios 3, 4 y 5 del Departamento de Física de la FCEyN), UNSAM (Física 1, Mecánica y Termodinámica) y la Universidad Favaloro (Laboratorio de Física 1 y 2). El éxito de esta aproximación a la ciencia está claramente reflejado en la gran cantidad de proyectos producidos en los últimos años, los cuales se publicaron en el sitio de Internet www.fisicarecreativa.com, donde pueden encontrarse cerca de 150 proyectos realizados por los estudiantes de estas casas de estudios. Este sitio tiene una tasa de visitas mensuales de más de 50.000 visitantes de varias partes del mundo.^{10,11} Finalmente, varios de los proyectos desarrollados en estos contextos educativos, fueron publicados en revistas internacionales prestigiosas.¹¹

Desde luego, la aproximación presentada aquí no pretende de ningún modo ser excluyente de otros enfoques. Más bien busca aportar un punto de vista adicional y sobre todo la posibilidad de introducir a los estudiantes de ciencia e ingeniería al mundo del desarrollo y la innovación tecnológica en una etapa temprana de su carrera.

Conclusión

En este trabajo intentamos reflejar algunos de los importantes desafíos que los docentes de ciencia avizoramos en el horizonte. Por una parte debemos procurar encontrar modos más eficientes de atraer y motivar a los estudiantes de las escuelas medias a las ciencias y lograr una *alfabetización científica* más profunda y extendida. Este importante desafío involucra un esfuerzo mancomunado y coherente de universidades, investigadores, autoridades educativas, docentes y de toda la comunidad. Nuestro modesto aporte, con talleres de capacitación docente, es sólo uno de los muchos ensayos que serán necesarios en este difícil e importante emprendimiento. Estamos persuadidos que todo el esfuerzo que pueda hacerse para mejorar la capacitación docente y

proveerlos de más y mejores recursos educativos es bienvenido y seguramente constituyen un aporte valioso al sistema educativo.

La enseñanza de las ciencias a nivel universitario también requiere de mejoras importantes. Los métodos de enseñanza tradicionales adolecen de muchas limitaciones que han sido estudiadas detalladamente. Se han desarrollado varias estrategias educativas que tienden a corregir estas falencias, aunque aún no parece haber surgido un nuevo paradigma de enseñanza. En particular nuestra contribución, basado en el desarrollo de proyectos de laboratorio propuestos por estudiantes, demostró ser una aproximación efectiva para lograr un aprendizaje significativo por *inmersión en la ciencia*. Su objetivo es introducir a los estudiantes de ciencia e ingeniería al mundo del desarrollo y la innovación tecnológica en una etapa temprana de su carrera. Desde luego no se trata de un método excluyente de otras alternativas, pero si creemos que representa un aporte y complemento útil de los cursos convencionales.

Finalmente, desearía agradecer a todos los colegas y colaboradores docentes que hicieron posible las experiencias docentes descritas aquí. La participación activa y entusiasta de varios docentes, auxiliares y estudiantes de la UNSAM, del Departamento de Física de la UBA y de la Universidad Favaloro. En particular agradezco a los colegas E. Rodríguez, G. Curutchet, M. Saleta y D. Tobia. También agradezco la lectura y valiosas sugerencias de la Dra. A.E. Schwint y los Prof. F. Parisi, Silvia Calderón y G. García Bermúdez.

Referencias

- ¹ Project 2061. Alfabetización científica para un futuro dinámico. Sitio de la Asociación Norteamericana para el avance de la ciencia. Herramientas conceptuales para mejorar el aprendizaje de las ciencias. Discusión interesante sobre la nueva aproximación pedagógica al tema. <http://www.project2061.org/>
- ² Transforming Physics Education – C. Wieman and K. Perkins *Physics Today*, p.36, Nov. 2005
- ³ ¿La educación de ciencias, en peligro? Boletín del de la UNESCO N° 11, Octubre-Diciembre de 2004 www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/educacion_hoy_11_octubre_diciembre_2004.pdf
- ⁴ D. Hammer, *Cogn. Instr.* **15**, 485 (1997)
- ⁵ B. Arons, *A Guide to Introductory Physics Teaching*, John Wiley, New York, 1990.
- ⁶ E. Mazur, *Peer Instruction: User's manual*, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.Y. (1997). También: <http://www.columbia.edu/cu/gsapp/BT/RESEARCH/mazur.html> y <http://mazur-www.harvard.edu/research/detailspage.php?ed=1&rowid=8>
- ⁷ Richard R. Hake, The Arons-Advocated Method, Enviado al *Am. J. Phys.* disponible online en <http://www.physics.indiana.edu/~hake/AronsAdvMeth-8.pdf>
- ⁸ Robert Ehrlich, How do we know if we are doing a good job in physics teaching? *Am. J. Phys.* **70**, 24 (2002)
- ⁹ Lillian McDermott and physics Education Group, *Physics by Inquiry*, John Wiley and Sons, N.Y. 1996. Traducciones parciales: Tutoriales para Física Introductoria, L. McDermott, P.S. Shafer y Phys. Ed. Group, Prentice Hall Sao Paulo, Brasil, 2001.
- ¹⁰ S. Gil y E. Rodríguez, *Física re-Creativa: Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.
- ¹¹ Ver <http://www.fisicarecreativa.com>