

# Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física oportunidades y desafíos #.

Salvador Gil

*Escuela de Ciencia y Tecnología - UNGSM y Departamento de Física -UBA.  
Ciudad Universitaria - Pabellón 1-(1428) Núñez -Cap.Fed.-Argentina.  
e-mail: [sgil@df.uba.ar](mailto:sgil@df.uba.ar) - <http://home.ba.net/~sgil>*

**Resumen:** En los últimos años, han surgido o se han vuelto accesibles una gran variedad de tecnologías que están cambiando rápidamente el modo en el que se enseña la física, tanto en el ámbito de las escuelas medias como en el ámbito universitario. En particular, la introducción de las computadoras, software de simulación, sistemas de adquisición de datos, vídeo, Internet, etc. están abriendo espléndidas oportunidades de enriquecer el modo en el que se enseña tanto la física como otras ciencias afines. Sin embargo, estas nuevas tecnologías por sí solas no mejorarán en forma automática el modo de educar a nuestros estudiantes ni prepararlos mejor para enfrentar los desafíos del mundo actual. Por el contrario, sin un enfoque pedagógico adecuado, estas mismas tecnologías podrían tener un efecto negativo. En este trabajo, presentamos una posible respuesta al uso de las nuevas tecnologías en el aula, que fue ensayada en los últimos tres años en un curso de laboratorio del Departamento de Física de la UBA con resultados muy satisfactorios. Creemos que algunas de las ideas aquí descritas pueden ser de utilidad en otros contextos educativos.

## 1.- INTRODUCCIÓN.

Tal vez una de las características más distintivas de los tiempos presentes, es la irrupción en prácticamente todos los terrenos del quehacer humano de nuevas tecnologías, en particular asociadas a la informática. Debido a su creciente accesibilidad y las prestaciones de las mismas, estas herramientas abren múltiples posibilidades para su uso en la enseñanza y aprendizaje de la física y otras disciplinas. En este trabajo discutimos un encuadre filosófico y pedagógico que creemos necesario tener en cuenta para el mejor aprovechamiento de estas tecnologías. También describimos brevemente algunos recursos y herramientas tecnológicas que están disponibles para su uso en la enseñanza de la ciencia. Luego describimos las características de un curso de laboratorio de física, que fue implementado hace tres años en el Departamento de Física de la FCEyN de la UBA con resultados muy satisfactorios.

## 2.- ENCUADRE FILOSÓFICO Y PEDAGÓGICO.

Una de las preguntas básicas que se plantea un docente al formular una propuesta para un curso, un texto o una guía de trabajo de laboratorio de física, es

cuales son los objetivos a perseguir cuando se pretende “enseñar” física (u otra ciencia) a estudiantes que no necesariamente van a ser profesionales en este campo o investigadores científicos, como es el caso de una Facultad de Ingeniería o Medicina, una escuela terciaria para técnicos, un colegio secundario, etc. Lo que sigue son las pautas y punto de vista que reflejan las convicciones del autor de este trabajo.

Una de las características distintivas de los tiempos que vivimos, es el constante devenir de cambios (tanto tecnológicos, como 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 ¿cuantas predicciones fueron formuladas sobre de la caída del muro de Berlín, antes de que el mismo se derrumbara ante el asombro y perplejidad de los analistas políticos más avezados y destacados?. También podemos tomar como ejemplo la presente explosión informática en la que vivimos. Muchas de las mayores empresas de informática, que en las décadas del los '70 y '80 dominaban el mercado mundial, aun poseyendo un poder económico e intelectual formidable, ni siquiera pudieron seguir los cambios dentro de sus propios campos, que le valieron cuantiosas perdidas en los últimos años. Ante estas realidades y limitaciones, surge naturalmente la pregunta: ¿cómo podemos preparar a nuestros estudiantes en ciencias y tecnología, cuando estamos casi seguros de que al trasponer las puertas de nuestras escuelas se enfrentaran a realidades, técnicas y equipos que hoy nos son desconocidos. Desde luego las respuestas a estos interrogantes es muy compleja y difícil, pero sin embargo el intento de elaborar una respuesta a estos interrogantes es un desafío ineludible para un educador.

Una posible respuesta a este dilema de la educación actual es preparar a los estudiantes a desarrollar habilidades y actitudes lo más básicas y amplias posibles, de modo tal de que 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, pueden hacer un aporte valioso a la formación educativa, siempre y cuando se enfatizen sus aspectos **metodológicos**. Así por ejemplo, cuando discutimos y estudiamos el péndulo en el laboratorio, esta 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 el comportamiento de un péndulo, poner a prueba nuestras hipótesis, ensayar explicaciones, analizar críticamente resultados obtenidos y la búsqueda de información para lograr una mayor comprensión del problema, es común a muchas áreas del quehacer de muchas profesiones actuales y seguramente del futuro. Por lo tanto un objetivo deseable de enfatizar en un curso de física es el desarrollar en los estudiantes la habilidad de enfrentarse a problemas nuevos con apertura y rigurosidad. En otras palabras lo que se busca es **que sepan como aprender cosas nuevas** y enfrentarse a ellas con confianza y buen criterio.

Dentro de este enfoque el laboratorio tiene un rol crucial en esta propuesta. Un laboratorio de física no es necesariamente un ámbito donde se ilustran y demuestran todos y cada uno de los conceptos discutidos en un texto o clase teórica. Las limitaciones en tiempo, equipos y personal lo harían seguramente imposible. En

ese sentido, las clases teóricas, los buenos textos, las demostraciones de clases o en vídeo, las discusiones con los docentes cumplen esa función tal vez con más eficacia y economía. Hay sin embargo una misión fundamental e irremplazable del laboratorio en la formación de los estudiantes, mucho más viable y provechosa, que consiste en que los estudiantes aprendan el camino por el cual se genera el conocimiento científico mismo.

Un objetivo importante en un curso introductorio de ciencia, es la de acercar a los estudiantes a la **apreciación** y **entendimiento** de la ciencia en general y más específicamente de la física en nuestro caso. Enfatizamos aquí el aspecto del *entendimiento* de la ciencia por sobre el de la *información científica*, en otras palabras se privilegian los aspectos **metodológicos de la física**. Esto parte de la persuasión de 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 que puede ser convalidado o refutado. También consideramos importante en un programa de educación científica estimular en los estudiantes a desarrollar 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. Hay muchos aspectos de la experiencia humana que no pueden ser abordados con esta metodología. Por lo tanto reconocer sus limitaciones es también una faceta esencial para el entendimiento de la misma.

Para alcanzar estos objetivos consideramos útil concentrarse más bien en **pocos tópicos fundamentales (*menos es más*)** 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 y la metodología sobre la mera información.

Un 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 le 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 y el descubrimiento*. Brinda a los alumnos la posibilidad de explorar, manipular, sugerir hipótesis, **cometer errores y reconocerlos**, así aprender de ellos. En este sentido creemos un modo adecuado de elaborar las propuestas de trabajo para los estudiantes en un laboratorio, es guiarlos a través de preguntas cuidadosamente seleccionadas con el fin de que descubran o redescubran hechos nuevos e inesperados. La idea es que las preguntas formuladas estimulen la imaginación y la inventiva de los estudiantes. Creemos que esto es más productivo y estimulante que las guías tipo recetas donde se describen detalladamente los pasos a seguir para llegar a un resultado, generalmente conocido o esperado de antemano. También se debe buscar estimular la formulación de conjeturas razonables para explicar las observaciones realizadas (elaboración de modelos que puedan explicar las observaciones). Creemos que el 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 simplemente para verificar resultados ya discutidos en los textos o en clases. Las soluciones de los problemas experimentales (como los de la vida en general) no pueden ser encontradas al final de un libro, por lo tanto es un desafío para los estudiantes que deben confiar en su propio criterio y adquirir confianza en sus conocimientos.

El estímulo de la *creatividad* es otro objetivo fundamental que puede lograrse 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 es también muy importante 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; adquirir experiencia en conceptos básicos de estadísticas 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 y útil.

La mayoría de los proyectos experimentales, por su naturaleza requieren ser llevados a cabo por un grupo de personas, lo que promueve la cooperación entre los estudiantes y el *trabajo en equipo*. Muchos de los proyectos experimentales, como ocurre en la vida, no tienen un "final feliz" donde todos los datos obtenidos concuerdan con la teoría dentro de los errores. Esto a menudo no ocurre en toda su extensión por diversas razones: errores sistemáticos, carácter aproximado de las teorías expuesta en los textos, o complejidades no bien entendidas. Esto puede ser útil para que los estudiantes comprendan el carácter problemático de las ciencias y que las teorías científicas necesitan permanentemente ser corroboradas experimentalmente, ser revisadas a la luz de nuevas evidencias, o ser reemplazadas por otras más generales o racionales.

En resumen, el laboratorio naturalmente brinda una excelente oportunidad para simular situaciones bajo las cuales no solamente las ciencias se desarrollan sino también un gran número de actividades profesionales y empresariales modernas, y tal vez de la vida misma.

Muchos de los objetivos aquí fueron inspirados en los trabajos del grupo de enseñanza de la física de la Universidad de Tucumán, liderado por la Lic. Leonor C. de Cudmani, con quien el autor de estas guías ha estado asociado profesionalmente por algunos años. Otros de los objetivos aquí expuesto están basado en las recomendaciones del Introductory University Physics Project [1] y en las referencias [2,3].

### **3.- BREVE DESCRIPCIÓN DE RECURSOS TECNOLÓGICOS DISPONIBLES.**

Si bien la posibilidad de realizar experimentos interesantes e instructivos con recursos modestos siempre estuvo disponible, hay memorables ejemplos como los cursos de PSSC, a menudo el implementar y realizar experimentos con algún grado de sofisticación requerían un considerable esfuerzo técnico y económico. Asimismo la toma de datos, era muchas veces muy trabajosa y requería para su realización y análisis de mucho tiempo. Estas dificultades a veces convertían al trabajo experimental en una tarea laboriosa, monótona y poco excitante para los alumnos. Una de las ventajas tecnológicas actuales, es que en gran medida estas limitaciones han sido grandemente atenuadas. Por ejemplo hoy resulta posible adquirir en el mercado local placas de toma de datos de 8 canales diferenciales y 12 bit, con tiempo de muestreo de menos de 30  $\mu$ s por \$240.00 incluyendo software. Estas plaquetas convierten así una PC común en un sistema de toma de datos, un osciloscopio, ocho multímetros digitales y un generador de funciones al mismo tiempo. Si a la misma le agregamos sensores o transductores apropiados, tenemos varios termómetros, barómetros, etc. También el abaratamiento de los insumos electrónicos comerciales, hoy hacen posible construir un amplificador o acondicionador de señales por \$10. Por otro lado, la accesibilidad y popularización creciente de Internet, hace posible las búsquedas de información y consultas muy fáciles y económicas. Todas estas facilidades, permiten que tanto los docentes como los estudiantes puedan concentrarse en la física del problema. En lo que sigue se presenta una lista, incompleta y muy sucinta de algunos recursos tecnológicos disponibles.

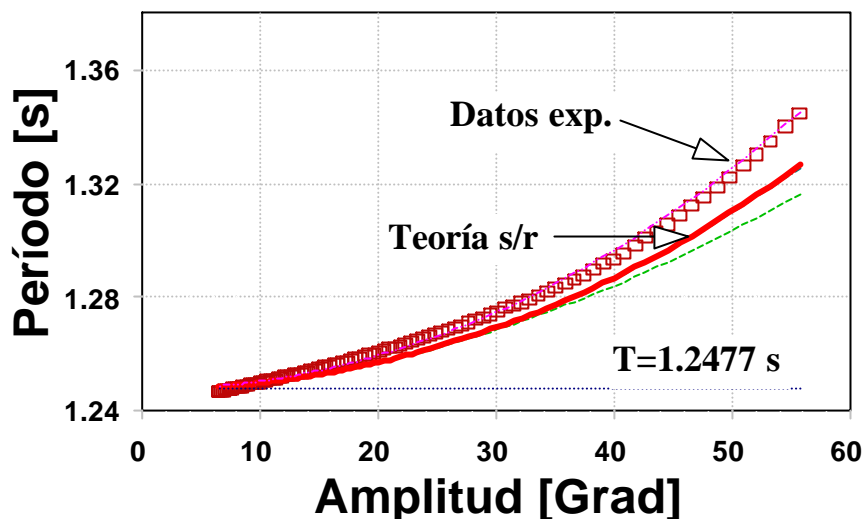
- Sistemas de toma de datos con computadoras. Estas plaquetas ADC (Analog to Digital Converter) se consiguen en el mercado fácilmente y permiten el seguimiento de un experimento en tiempo real, con la posibilidad de monitorear varias señales simultáneamente. Muchas de ellas poseen salidas analógicas, DAC (Digital to Analog Converter) que permiten generar señales de diversos tipos al igual que un generador de funciones. Comúnmente tienen varias entradas y salidas lógicas. Los costos de plaquetas de este tipo adecuadas para la docencia oscila entre \$100 y \$500 dependiendo de las prestaciones.
- Sensores y transductores de los más diversos tipos, que permiten medir desde temperaturas, iluminación, intensidad y frecuencia de sonido, voltajes, posición, ángulos, etc. Muchas compañías (Vernier, Pasco, etc) proveen estos sensores con conectores y software que hacen su uso muy fácil.
- Sistemas de vídeo y digitalización de imágenes. Las cámaras CCD (Couple Charge Divices) son las que se usan comúnmente en las camcorders. Actualmente, se ofrecen las mismas para ser conectadas a una PC directamente. Con las mismas es posible registrar digitalmente imágenes, por ejemplo un patrón de interferencia o difracción, y realizar un estudio cuantitativo de la distribución de intensidades versus posición. Si asociamos a la misma un estroboscópio podemos estudiar cuantitativamente movimientos de objetos y choques muy adecuadamente. Su costo actual es de unos \$300 y seguramente será menor en poco tiempo.

- Internet. Esta es una herramienta muy poderosa y útil, por la que los jóvenes de hoy sienten mucha atracción y experiencia. La mayoría de las universidades del país ya la tienen disponible y también es posible adherirse privadamente. En el GBA hay además muchos bares “cibernéticos” que ofrecen a sus clientes este servicio por \$10/h. Sus prestaciones son en general bien conocidas, pero entre otras prestaciones permiten acceder a bases de datos a nivel mundial, búsqueda de información y bibliográfica, acceso a foros de interés específicos, consultas a colegas, obtención de software de simulación y utilitarios de diversos tipos, etc.
- Programas de análisis de datos sofisticados. El análisis de los datos está también facilitado por un gran número de programas de análisis. Las planillas de cálculo (EXCEL, QUATTRO PRO, ORIGEN, etc) permiten realizar análisis y graficación de datos en forma muy simple y con prestaciones crecientes. La mayoría de las operaciones estadísticas o análisis de Fourier se obtienen activando una tecla. También existen y se está generalizando el uso de programas más poderosos de análisis y paquetes matemáticos como Mathematica, MathLab, etc. de gran utilidad y simple uso.

A continuación presentamos un ejemplo interesante que ilustra las posibilidades de los sistemas de toma de datos con computadora en el laboratorio y su valor educativo.

**Péndulo Simple:** En este caso el arreglo experimental es sencillamente una masa unida a un hilo inextensible de 38 cm. En el punto de suspensión y atrás del hilo se colocó un goniómetro de pisaron que permite medir las amplitudes del péndulo con una apreciación de unos 2 a 4 grados. Un fotointerruptor mide el período del mismo con una precisión menor del 0.1 %. De este modo la computadora registra los períodos y los estudiantes registran las amplitudes correspondientes manualmente. En la figura 1. se presentan un conjunto de datos representativos de este tipo de experimento que puede realizarse en unos 15 minutos. En primer lugar, se observa que con este grado de precisión, el péndulo no es isócrono aún para amplitudes muy pequeñas. La precisión con que fueron tomados los datos permite observar un fenómeno que de otra forma quedaría enmascarado. Vemos asimismo, que la teoría comúnmente propuesta en los textos para relacionar el período con la amplitud, que en general no incluye roce, para grandes amplitudes (curva de trazo grueso), mejora el acuerdo con los datos pero no los explica totalmente. A grandes amplitudes hay divergencias del 1.5%, pequeñas pero significativas. Es preciso por lo tanto buscar una explicación de los hechos que infrecuentemente se discuten en los textos básicos. ¿Qué no hemos incluido en la teoría propuesta?, claramente el efecto de roce. Cualitativamente, se puede argumentar que el roce producirá un frenamiento (no incluido en la teoría sin roce) que disminuirá la velocidad del mismo y por lo tanto alargará el tiempo del período. Su inclusión abre muchas posibilidades y desafíos interesantes, ya que no está discutido en los textos y su solución no puede realizarse en forma analítica cerrada. El auxilio de programas como Mathematica puede ser útil para resolver este problema. Aquí tenemos, en un ejemplo simple, un hecho característico de la ciencia. El carácter aproximado de nuestras teorías. Aún en este experimento, tal vez el más antiguo de la física, siempre es posible encontrar una nueva veta de investigación si medimos con mayor resolución y analizamos los datos minuciosamente. La ciencia no es un edificio terminado sino en

permanente construcción y revisión con posibilidades para todos los que busquen atenta y pacientemente.



**Fig. 1.** Resultado de las mediciones del período de un péndulo simple versus la amplitud. La línea de puntos horizontal es la predicción teórica para un péndulo de pequeñas amplitudes. La predicción del período para un péndulo con grandes amplitudes sin roce esta representada por la curva de trazo grueso. La curva de trazo fino es el primer orden de desarrollo en serie de la teoría completa sin roce.

#### **4.- IMPLEMENTARON DE UN CURSO DE LABORATORIO INTERMEDIO EN EL DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA UBA.**

Durante los últimos tres años, en el Departamento de Física de la F.C.E.yN. de la Universidad de Buenos Aires, hemos implementado un taller de temática libre de física experimental. Se trata de un curso de laboratorio intermedio (Laboratorio 4) para estudiantes de física de tercer año, orientado a implementar los objetivos discutidos más arriba y usando todos los recursos tecnológicos que nos resultaron posibles. Las características del curso en cuestión son las siguientes.

**Objetivos específicos del curso:** El énfasis en este curso de física son los aspectos metodológicos de la física experimental. Este curso **no** está basado en una temática predeterminada (por ejemplo mecánica, electromagnetismo, etc.), sino en un proyecto experimental definido e implementado por los propios estudiantes. Nuestra propuesta es estimular la *creatividad* e *inventiva* a la vez de propiciar un clima de trabajo distendido y excitante. Otro objetivo propuesto es el familiarizar a los estudiantes en el uso de sistemas de adquisición y análisis de datos con computadoras, uso de planillas de cálculos (spreadsheets), bases de datos y uso de Internet para la búsqueda bibliográfica.

**Implementación:** Nuestra propuesta es recrear, en una escala reducida y limitada en tiempo, las diferentes fases que están asociadas a un proyecto experimental como las que un físico, un tecnólogo o ingeniero a menudo encuentran en su trabajo profesional. El curso consta de dos partes. En las primeras 5 o 6 semanas los estudiantes eligen y realizan tres prácticas pautadas propuestas por la cátedra, de un conjunto de unas 10 posibles. El propósito de estas prácticas es que los estudiantes se familiaricen con el material existente en el laboratorio y desarrollen cierta destreza en el uso de los instrumentos, uso de software y otros recursos disponibles. Al finalizar cada experimento, cada grupo elaborará un informe que es evaluado por su instructor. Para introducir a los estudiantes en la lectura de revistas, implementamos un club de revistas, basado en lecturas de artículos publicados en *Physics Teacher*, *Am. J. Phys.*, *Scient. Am.* etc. Durante estas primeras semanas, cada grupo (de dos estudiantes) debe relatar dos artículos experimentales recientes sobre algún tópico de su interés. La idea es que estas lecturas sirvan como fuente de inspiración para la definición de una propuesta experimental. Las presentaciones se discuten con los instructores y el resto de los estudiantes. Al comienzo de la segunda parte del cuatrimestre, cada grupo debe elaborar una **propuesta** por escrito describiendo:

- Objetivo y motivación del proyecto que desea realizar.
- Descripción de arreglo experimental necesario. Incluyendo los instrumentos que requerirá, indicando los ya existentes en el laboratorio y los que deberá procurar de otros laboratorios de docencia. Si fuese necesario comprar algún equipo o componente, se debe indicar su costo y disponibilidad en el mercado local.
- Descripción de los beneficios directos e indirectos del proyecto (que espera obtener, medir o aprender del mismo). Las limitaciones del mismo y posibles fuentes de errores, dificultades previstas, etc.
- Logística y Cronograma de las distintas fases del proyecto.

Las propuestas de cada grupo son supervisadas por los instructores. Una vez consensuada la propuesta con los docentes, se inicia la realización del mismo. Durante esta parte del curso, los docentes actuamos como facilitadores y monitoreamos el desarrollo de los proyectos. Al final del cuatrimestre, cada grupo debe elaborar un informe del experimento realizado, teniendo como modelo la estructura de un artículo del *Am. J. Phys.*

**Evaluación preliminar de la experiencia docente:** los resultados obtenidos fueron en general altamente gratificantes, aunque desde luego, las conclusiones que se pueden extraer tienen un carácter preliminar y un tanto subjetivo. Al haber elegido ellos mismos el proyecto, el compromiso y pertenencia que mostraron fue sensiblemente superior al de otros laboratorios previos y aun de la primera parte del curso. Asimismo el entusiasmo de los estudiantes fue destacable. Finalmente, la evaluación de los informes finales como las presentaciones orales, claramente reflejaban un conocimiento y una comprensión del problema estudiado considerablemente superior al que esos mismos grupos tenían durante las prácticas pautadas. Si bien existió una gran dispersión en los rendimientos de los distintos grupos, dependiendo en parte de



sus rendimientos académicos previos, habilidades adquiridas previamente, etc. En un 90% de los casos, la evaluación de los proyectos finales fue entre un 20% a 30% mejor que la evaluación de esos mismos grupos en la primera parte. Esta mejora en rendimiento además era fácilmente perceptible. Al final de algunos cuatrimestres se realizaron jornadas de física en el departamento, en las que cada grupo mostraba sus proyectos al resto de los estudiantes y docentes del departamento. En todos los cuatrimestres, nos encontramos con aproximadamente un 30% de grupos que realizaron trabajos que con creces excedieron nuestras expectativas. La mayoría de las veces la percepción del problema que tenían fue profunda y rigurosa. Varios grupos a partir de este curso realizaron proyectos más ambiciosos que terminaron el presentaciones en reuniones de la AFA (Asociación Física Argentina). Aún aquellos estudiantes que tenían un rendimiento académico bajo, a la hora de realizar sus proyectos mostraron un gran compromiso con el mismo y aunque la calidad de sus trabajos no alcanzaron muchas veces la de los grupos más aventajados, hubo una clara evolución a lo largo del curso. También, las evaluaciones y retroalimentación que recibimos de los estudiantes y docentes fueron muy positivas y alentadoras. Durante estos últimos años, varios docentes estuvimos a cargo de la coordinación de este curso, en general las conclusiones fueron similares, indicando la robustez de la presente propuesta académica.

## **5.- CONCLUSIONES.**

En este trabajo discutimos el encuadre filosófico y pedagógico que nos guió en la Implementación de un taller libre de física experimental, para estudiantes de tercer año de la carrera de la licenciatura en Física. Nuestra experiencia muestra que esta aproximación pedagógica es claramente una alternativa posible y promisorias, que esperamos pueda ser un aporte más a las estrategias de enseñanza de la física que se están desarrollando. Creemos que el permitir que los estudiantes elijan por sí mismos un tópico de estudio y lo desarrollen autónomamente, hace un aporte valioso al proceso educativo. No se trata tampoco de una aproximación excluyente, sino de una opción más, que seguramente puede recrearse parcialmente en otros contextos educativos. En general, los estudiantes tienen pocas posibilidades de perseguir y desarrollar sus propias ideas. Aún en trabajos especiales y aun tesis de postgrado, es usual que un docente o investigador experimentado sugiera el tema de estudio. Los estudiantes implementan y resuelven los interrogantes planteados, pero no existen muchas oportunidades para que ellos lleven adelante sus propias ideas. Creemos, que la posibilidad que brinda la experiencia docente que describimos aquí, es abrir un espacio para que los estudiantes desarrollen su creatividad e inventiva. No menos importante es que desarrollen cierta capacidad y experiencia en el gerenciamiento de un proyecto, teniendo en cuenta las limitaciones de recursos y tiempo, propio de todo proyecto. El uso de las nuevas tecnologías, constituyen herramientas muy útiles en facilitar la realización de este tipo de experiencia agregando y expandiendo la posibilidad de realizar experimentos instructivos y excitantes, pero no fueron desde luego el pilar fundamental en el que se basó nuestra experiencia. Sin embargo lo que si facilitan las nuevas tecnologías, es realizar observaciones de fenómenos simples con mucha facilidad y precisión. La elaboración de explicaciones pertinentes, a menudo lleva a los estudiantes a descubrir el carácter aproximado de las teorías usualmente

propuestas en los textos y a veces a encontrar efectos nuevos en experimentos tradicionales.

La experiencia docente descrita aquí fue posible gracias a la participación activa y entusiasta de varios docentes y estudiantes del Departamento de Física de la UBA. En particular, la Dra. Victoria Bekeris participo activamente desde el comienzo de esta experiencia y su aporte en el desarrollo de la misma fue fundamental, al igual que la de varios docentes auxiliares y técnicos del laboratorio. Tampoco ésta experiencia no hubiese sido posible sin el apoyo de las autoridades del Departamento de Física de la UBA, en particular agradecemos el apoyo de los Dres. G. Dussel, M.Gil y M.Marconi. Agradezco la lectura y valiosas sugerencias de la Dra. A.E.Schwint y los Dres. A. Etchegoyen y A. Gattone.

# Este trabajo fue presentado como seminario invitado en: **VI Reunión IACPE** - La Falda - Córdoba - junio 30 al 4 de julio de 1997 y publicado en: Educación en Ciencia: *Mirando hacia el Futuro*- Memoria de la IV Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física. Publicación de la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Univ. Nac. de Córdoba - Argentina.

### **Bibliografía:**

1. L.C. McDermott - Am. J. Phys. **59**, 301, 1991.
2. J.S.Riden, D.F. Holcomb, and R. DiStefano - Phys. Today **46**, 32, April 1993.
3. *Guide to Introductory Physics Teaching* - Arnold B. Arons- Wiley, New York, 1990 - ISBN 90-471-51341-5.
4. *American Journal of Physics* y *Physics Teacher*- Publicaciones mensuales del AAPT, publicadas desde 1935 al presente. Existen bases de datos de estas publicaciones desde 1972 a 1995 disponibles por Internet. También los índices de los volúmenes publicados recientemente y a publicarse pueden ser obtenidos a través de *Internet*: <http://www.amherst.edu/~ajp>