

# Una mirada uruguaya al trabajo experimental en la enseñanza de la Física: En la búsqueda de nuevas perspectivas

Alejandra Yoldi\*  
Álvaro Suárez\*\*

## Resumen

En este artículo nos proponemos reflexionar sobre el trabajo experimental en nuestras prácticas docentes, en clases de Física de Enseñanza Secundaria en Uruguay. Realizamos un análisis del potencial de estas actividades en la formación de los estudiantes, así como consideraciones para su concreción. Desde este referencial, presentamos y valoramos formas de trabajo alternativo que posibilitan el desarrollo de habilidades de pensamiento vinculadas a la investigación haciendo uso de recursos tecnológicos cotidianos: "las ceibalitas" (computadores personales), los teléfonos celulares.

*Palabras claves: enseñanza de la Física, TICS, trabajo experimental, enseñanza secundaria, Uruguay.*

## Resumo

### **Uma visão uruguaia ao trabalho experimental no ensino da Física: Na procura de novas perspectivas**

- Neste artigo reflexionamos sobre o trabalho experimental em nossa prática como professores, em aulas de Física de Ensino Médio no Uruguai. Realizamos um análise do potencial destas atividades na formação dos estudantes, assim como considerações para sua concretização. A partir deste referencial, apresentamos e valorizamos formas de trabalho alternativo que possibilitam o desenvolvimento de habilidades de pensamento, vinculadas à investigação, fazendo uso de recursos tecnológicos cotidianos: "las ceibalitas" (computadores pessoais), os telefones celulares.

*Palavras-chave: Ensino da Física, TICS, trabalho experimental, ensino médio, Uruguai.*

## Abstract

### **An Uruguayan approach in the experimental work in the teaching of physics: In the search of new perspectives**

- In this article we intend to reflect on the experimental work of our teaching practices, in physics classes of Uruguay's medium education. We perform an analysis of the potential of these activities in the student's formation, as well as considerations for its fulfillment. From this referring we present and asses forms of alternative work that makes possible the development of thinking skills linked to the investigation making use of everyday technological resources: The "Ceibalitas" (Personal Computers) and mobile phones.

*Keywords: Physics teaching, TICS, Experimental Work, Medium Education, Uruguay.*

---

\*Profesora de Física, Magister en Educación. Departamento de Física del C.F.E., Montevideo, Uruguay. e-mail: alejandra\_yoldi@hotmail.com

\*\*Profesor de Física, Diplomado en especialización en Física. Departamento de Física del C.F.E., Montevideo, Uruguay. e-mail: al-sua@outlook.com

## Introducción

La educación científica, constituye en la actualidad, una prioridad en las agendas políticas y sociales de los distintos países así como también en Uruguay. Tanto en los aspectos individuales, de desarrollo personal, como sociales, en relación a la formación de ciudadanos y ciudadanas.

Desde esta perspectiva, la inclusión de la Física en el currículo de la enseñanza obligatoria, básica y media, resulta un aporte significativo, dado su alto valor formativo. Está presente, en cuatro de los seis años de la enseñanza secundaria obligatoria uruguaya para la totalidad de los estudiantes y en el ciclo completo para las orientaciones más vinculadas a las disciplinas matemáticas y a las ciencias de la naturaleza. También se han incorporado paulatinamente el estudio de fenómenos físicos en los distintos grados de la educación primaria.

Esta situación, constituye una oportunidad para un abordaje pedagógico didáctico en espiral, acorde a los procesos de pensamiento y construcción de aprendizajes de los estudiantes. Una progresión hacia niveles de formulación y análisis cada vez más complejos e integrales, que incluyan sus distintas dimensiones filosófica, histórica, política, social, cultural, epistemológica, ética y estética. Un abordaje que permita comprender las circunstancias y motivos que generaron la elaboración de conocimientos, así como sus procesos y la incidencia de sus aportes en las distintas esferas de la vida, a través de sus estrechas relaciones con las demás áreas del conocimiento, la tecnología y la sociedad.

Desde hace algunas décadas, a partir de la universalización de la enseñanza, ha quedado puesto de manifiesto las dificultades de aprendizaje de la disciplina, tanto de conceptualización así como de aplicación, en especial en otros contextos distintos a los académicos. Esto genera una permanente investigación e innovación de distintos profesionales, para que las prácticas de enseñanza se traduzcan en mejores experiencias de aprendizaje para los estudiantes. (Perales, 2000).

A partir de estas consideraciones, en este artículo, nos proponemos focalizar nuestra reflexión en una de las actividades didácticas más características: el trabajo práctico. Considerar su potencial formativo, así como sus enfoques didácticos y a partir de esto, analizar los abordajes de aula desarrollados en Uruguay.

Analizaremos en forma detenida propuestas de trabajo, plausibles de ser aplicadas en nuestro contexto, que utilizan las tecnologías de la información, computadores personales y teléfonos móviles. La disponibilidad de estos recursos en nuestras aulas hoy es una realidad material, situación que se ha generado en especial desde el año 2005 a través del Plan Ceibal. Dicho Plan ha reducido la brecha de acceso digital para niños, niñas y adolescentes que asisten al sistema educativo público obligatorio, entre otras medidas mediante la entrega a docentes y a estudiantes de un computador personal: "las ceibalitas".

## Potencialidades formativas

[...] Me parece casi milagroso que hayamos aprendido tanto sobre el mundo, aunque todo este conocimiento sea conjetural y esté plagado de problemas sin resolver que nos recuerdan constantemente cuán poco sabemos. Me parece que la Ciencia (es decir, la producción y contrastación de teorías acerca del mundo, acerca de la realidad) es la empresa más creativa de que sean capaces las personas, después del arte o a la par de él. (POPPER, 2004, p. 204).

El valor formativo de la enseñanza de la Física, y en consecuencia su inclusión en el currículo obligatorio radica, como expresa Popper, en el acceso a una de las mayores creaciones de la mente humana, junto al arte y a la religión. Participa a los estudiantes de formas de ver, hablar, pensar y actuar en el mundo, con lógicas, lenguajes y valores propios.

Aporta a la comprensión del mundo a partir de sus productos, el conjunto de modelos y estructuras teóricas que describen y explican los fenómenos que acontecen en la naturaleza y a sus profundas conexiones con los fenómenos sociales. Contribuye al desarrollo del pensamiento, en tanto presenta y modela abordajes sistemáticos, rigurosos, precisos y recursivos para construir conocimientos, que en consecuencia, están en permanente revisión. Forma en actitudes de honestidad intelectual, de apertura y permanente autocrítica.

Es una vía privilegiada para desarrollar las habilidades de pensamiento, y las habilidades metacognitivas, de reflexión sobre el conocimiento y los modos propios de cognición y actuación. Mejorar el pensamiento en el aula significa enseñar a razonar, a realizar inferencias, clasificaciones, definiciones defendibles, argumentaciones coherentes, generalizaciones, analogías. Estos procesos de pensamiento así como actitudes favorables hacia él, resultan factibles de modelarse y utilizarse en el trabajo experimental para su apropiación.

Los trabajos prácticos son unas de las actividades centrales en la enseñanza de las ciencias. Se implica a los estudiantes en ellos, porque se asume que tienen la potencialidad de abordar muchos de los objetivos vinculados al aprendizaje de conocimientos propios de la investigación científica.

Existen diferentes tipos de actividades según cuáles sean sus propósitos, así mismo como el grado de apertura, participación y toma de decisiones que ofrecen a los estudiantes, según el grado de orientación que brinda el docente en el transcurso de su desarrollo.

Durante más de cinco décadas de investigaciones en didáctica y en los ámbitos de enseñanza, se ha reflexionado sobre el valor del trabajo experimental en la formación de los estudiantes. Se le ha atribuido un importante rol en la motivación para el aprendizaje de las ciencias, como para poder profundizar en su naturaleza, así como para desarrollar destrezas de pensamiento de alto nivel (Flores, Caballero, Moreira, 2009).

En Uruguay, a través de la asociación de profesores de Física, se han definido las competencias que esperamos desarrollen nuestros estudiantes en el laboratorio, en coincidencia con planteos como los ya referidos. Se aspira al desarrollo de un espíritu crítico, a la elaboración de hipótesis, aplicación, contrastación de modelos, reconocimientos de sus rangos de validez, diseño y armado de dispositivos, control de variables, toma de datos, interpretación de resultados y elaboración de memorias. (APFU, 2002).

Sin dudas todos debemos estar de acuerdo en que estas competencias pueden y deben desarrollarse en un curso de laboratorio, sin embargo estudios realizados por distintos investigadores (Gil Perez, 2005, Hodson, 1994 y Barberá, 1996) muestran que rara vez fomentamos el desarrollo de algunas de las competencias mencionadas, siendo este un problema que atañe a la enseñanza de la Física en muchas partes del mundo, así como en el Uruguay.

El supuesto rol motivador que debiera tener el trabajo de laboratorio en una ciencia de base experimental como la Física, en general no es tal, ni tampoco es un puente para desarrollar en los estudiantes un aprendizaje significativo, ni destrezas cognitivas de alto nivel.

## ¿Qué aspectos sustanciales deben considerarse en el diseño de una propuesta educativa?

Existen consideraciones que resultan centrales atender cuando se analizan o se elaboran propuestas didácticas para maximizar las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes. Nos remitimos a dos de ellas. La primera, refiere a que es necesario reflexionar acerca del grado de acuerdo entre la enseñanza de la ciencia y los aspectos característicos de ella. La segunda, es la adecuación de las intervenciones didácticas a los procesos de pensamiento y aprendizaje de los estudiantes.

En relación a la primera, como plantea de Pró (2013), la enseñanza de la ciencia, debe guardar coherencia con la propia ciencia, y por tanto todas sus dimensiones deben abordarse en nuestras aulas. Conceptos, métodos, actitudes y valores.

Debe estar presente que el conocimiento se construye a partir de la formulación de preguntas, de la definición y demarcación de problemas, que se abordan con un conjunto de procedimientos propios. El autor recién mencionado, las clasifica en destrezas técnicas, básicas, de investigación y comunicativas. Entre las primeras se encuentran el manejo de material y realización de montajes, la construcción de aparatos y máquinas, maquetas, utilización de técnicas audiovisuales e informáticas. Entre las segundas, se encuentran la observación, clasificación, medición y transformación de datos. Entre las investigativas se encuentran la identificación de hechos y fenómenos, la identificación de problemas, la realización de predicciones y emisión de hipótesis, la relación entre variables, el diseño experimental, el análisis de datos y situaciones, el establecimiento de conclusiones. Entre las últimas, se

encuentran la representación simbólica, el uso de técnicas comunicativas, la identificación y análisis de ideas en materiales de distintos soportes, la búsqueda de información y la elaboración de informes.

Otro aspecto central en la generación de conocimientos científicos está vinculado a su naturaleza social. Aludimos al lugar de la argumentación, a la búsqueda de razones y evidencias para sostener puntos de vista propios así también como para valorar otros alternativos. Según Pipitone, Sardá y Sanmartí, (2008), los argumentos establecen relaciones significativas entre evidencias y modelos teóricos, donde el razonamiento desempeña un rol fundamental. Los argumentos se esgrimen en comunidades de práctica para debatir y deliberar, para establecer negociaciones y consensos sobre la calidad de las construcciones científicas.

La ciencia, la Física, utiliza el pensamiento crítico, que como Ennis (1985) señala, no solo se limita a la dimensión cognitiva sino que también implica actitudes. Por esta razón, la atención a la disposición a pensar en forma detenida, cuidadosa, precisa y exhaustiva debe estar presente en el trabajo de aula en general, y en el trabajo experimental en particular. Faccione, Sánchez, Faccione, 1994, (En Tishman, Andrade, s.a.) definen la disposición de pensamiento como una constelación de actitudes, virtudes y hábitos mentales. Esta orientación a pensar, positiva o negativa, será gravitante para lograr el desarrollo del pensamiento crítico, de orden superior, existiendo evidencia de su promoción. Según la revisión de Perkins, Nickerson y Smith, (1997), sobre distintos programas de intervención que abordan el desarrollo del pensamiento, concluyen que las personas pueden ser más reflexivas, mejorar sus razonamientos y explicaciones, analizar alternativas y ser más creativos. Pero estos cambios en la forma de enfrentarse a las situaciones que se nos plantean requieren de una práctica sostenida en el tiempo para su incorporación.

Para finalizar la reflexión en relación al tipo de conocimientos y habilidades de pensamiento que moviliza la actividad científica, quisiéramos destacar que suponen distinto grado de elaboración y complejidad. Desde un nivel básico que supone recordar, conocer, comprender, a un nivel de profundización, que permite su aplicación y análisis hasta un nivel de pensamiento superior, que permite la valoración, evaluación y creación.

En relación a los procesos de aprendizaje de los estudiantes, las investigaciones provenientes de la didáctica y de las ciencias cognitivas indican que las personas tienen un rol protagónico en la construcción de sus conocimientos, involucrándose a nivel afectivo, emocional y cognitivo. Cada sujeto tiene características propias, entre las cuales destacamos, conocimientos previos, motivaciones y disposiciones hacia el aprendizaje que serán vitales en el proceso. No obstante, como plantea Lave, (1991), la actividad cognitiva que la persona despliega, en este caso para producir nuevos conocimientos, es dependiente del entorno y de la actividad o situación a que se enfrenta. Resulta sustantivo tener en cuenta este aspecto al elaborar estrategias de enseñanza. En tal sentido, resulta ilustrativa la investigación desarrollada por Blair (en Churches,

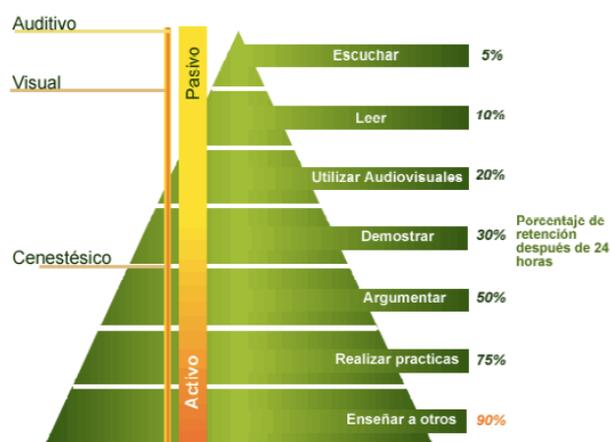


Figura 1: La pirámide del aprendizaje. Disponible en <https://drive.google.com/file/d/0B93oLahy3e3GOVZKV0wyZTduTDg/edit>. acceso el 5/10/2014.

2009) con estudiantes universitarios, a partir de la cual establece la pirámide de aprendizaje. En ella establece una clara relación entre las metodologías de enseñanza y el grado de aprendizaje medido a partir del recuerdo de lo enseñado 24 horas más tarde.

De ésta se desprende que a medida que las actividades en las cuales el alumno aumenta su participación, su nivel de actividad en el propio aprendizaje, producen mayores niveles de logro; específicamente aquellas que involucran la argumentación, la realización de prácticas y enseñar a otros. De esta manera la pirámide nos da la pauta de las características que debe tener una metodología de aprendizaje en el laboratorio para mejorar la comprensión de los conceptos y desarrollar las competencias deseables en nuestros estudiantes.

Otro aspecto que resulta central señalar en relación a la actividad cognitiva de las personas, es que el pensamiento de orden superior se despliega en situaciones no rutinarias. El uso y aprendizaje de procesos cognitivos complejos que requieren combinación de distintos recursos para elaborar rutas de pensamiento y acción, se posibilitan cuando enfrentamos a los estudiantes a desafíos, a problemas, situaciones para los que no es evidente una solución. Por el contrario, cuando la persona tiene frente a sí situaciones totalmente conocidas que le implican tomar escasas o nulas decisiones, provocan escasa activación cognitiva y aplican rutinas que requieren bajo control y supervisión. (Monereo, 2002)

La relación de la enseñanza con la activación cognitiva de los estudiantes parece entonces clara. Actividades rutinarias, donde la estructura y cursos de pensamiento y acción están fuertemente indicadas o sugeridas por el docente, producirán actitudes pasivas de los estudiantes y bajos niveles de reflexión. Propuestas didácticas menos estructuradas y definidas producirán movilización y activación cognitiva y posibilidades de crecimiento y desarrollo intelectual.

A modo de síntesis de este apartado, desde el punto de

vista de la ciencia así como desde los procesos de aprendizaje, las situaciones problema, provocan la forma más compleja de actividad psíquica. Se articulan un conjunto de funciones para organizar, evaluar y regular conductas y pensamientos en función de metas. Se eligen recursos propios y externos, se anticipa resultados, soluciones, situaciones que le permiten evaluar su grado de avance y corregir errores, verificar la pertinencia de hallazgos, resultados.

## Enfoques didácticos del trabajo experimental. El caso de Uruguay.

Según Flores, Caballero y Moreira, (2009), gran parte de la problemática del escaso logro de aprendizaje en las actividades experimentales, se relaciona con los estilos de enseñanza utilizados por el profesorado a los que designan como “estilos instruccionales”.

Existen muchas clasificaciones que permiten encuadrar los enfoques de enseñanza en el laboratorio. Siguiendo la postura de Domin (1999), podemos englobarlos básicamente en 4 formas:

1. Estilo expositivo: se caracteriza por ser muy estructurado. En general se utilizan protocolos muy guiados, donde tanto el procedimiento como los resultados ya están predeterminados.

2. Estilo indagativo: se aborda la resolución de un problema a través de un trabajo de investigación abierto dentro del alcance del estudiante y orientación relativa del docente, para así involucrarse en los procesos propios de la actividad científica. Se permite al estudiante generar un procedimiento y encontrar un resultado indeterminado.

3. Estilo por descubrimiento: se caracteriza por centrarse en los procesos de creación del conocimiento independientemente de los contenidos.

4. Estilo de resolución de problemas: se caracteriza por darle la libertad al estudiante en la generación del procedimiento al realizar una actividad experimental, pero está condicionado al resultado que está predeterminado. Por ejemplo diseñar un dispositivo para verificar la ley de Coulomb.

El estilo tradicional es el que predomina en las prácticas docentes, aunque paradójicamente sea el más criticado, mientras que el indagativo es considerado por las investigaciones en enseñanza de las ciencias como el más acorde con el trabajo científico y con la visión constructivista del aprendizaje. El estilo de resolución de problemas guarda estrecha relación con el indagativo, si bien su complejidad es menor. El estilo por descubrimiento está actualmente perimido, siendo “epistemológicamente equivocado, psicológicamente erróneo y pedagógicamente impracticable” (HODSON, 1994, p.302).

### Estilo tradicional

Según las investigaciones realizadas por Barberá y Valdés (1996), sobre el estilo tradicional, han revelado que tiene poco beneficio para los estudiantes y una sobreesti-

mación de su potencial didáctico. En general se sobrevalora el manejo de instrumentos y toma de datos en el laboratorio, o lo bien que se puede trabajar con funciones o gráficas. En opinión de Hodson (1994), las prácticas dan un tinte de “estar haciendo algo”, pero esto trae un problema: la mayoría de los estudiantes no logran conectar lo que hacen con lo que aprenden.

Las actividades del laboratorio terminan basándose muchas veces en la simple obtención de datos, no se involucran con los pensamientos de los alumnos, ni son parte de estos, son algo ajeno a ellos que solo los precisa para obtener datos y poder depurarlos, de forma de obtener la relación funcional entre magnitudes pedidas por el profesor. Entonces “el fracaso a la hora de hacer que los estudiantes participen en la reflexión que precede a una investigación experimental convierte gran parte de la práctica de laboratorio siguiente en un trabajo inútil desde el punto de vista pedagógico” (HODSON, 1994, p.306). Además no se tienen en cuenta las concepciones previas que tienen los estudiantes y el hecho que las observaciones que realicen estarán afectadas por las mismas, llevando a equivocaciones, conduciendo a situaciones de ensayo y error, donde tratan de llegar al resultado que espera el docente, dejando de lado la elaboración propia. (Pereira, Suárez, 2012)

En principio, el método tradicional no es capaz de generar las competencias deseables en los estudiantes. Las pocas bondades, generación de destrezas técnicas, toma de medidas, uso de material de laboratorio, ni siquiera son tales, ya que rápidamente las olvidan, no teniendo un aprendizaje significativo. En este sentido es que García y Villamil (2007) muestran como el desarrollo de una actividad de laboratorio con una guía rígida, como se utiliza en la mayoría de las actividades experimentales en nuestro país, no permite que el estudiante formule preguntas, hipótesis, diseñe experimentos, entre otras habilidades de alto nivel utilizadas en la actividad científica. Los formatos con protocolo muy dirigidos, proporcionan todos los elementos que podrían activar el pensamiento de los estudiantes llevándolos a actitudes pasivas de poca implicación cognitiva.

Desde la década del noventa, en los laboratorios de Física del Uruguay, hay una fuerte presencia de herramientas digitales, implementándose el uso de sensores en varias actividades experimentales. En primera instancia, se podría suponer que el hecho de incorporar este tipo de tecnología al aula, podría redundar en una mejora en los aprendizajes. La recolección y el procesamiento de datos que se realizan en forma rápida, posibilitarían que el estudiante se centre en el análisis de los resultados y el control de variables. Sin embargo, el mantener un procedimiento predeterminado, provoca en efecto, un simple cambio en el tipo de instrumento de medida que se utiliza. Sigue sin incluirse los procesos propios de una actividad científica, obteniéndose por ende los mismos bajos logros de aprendizaje.

Cabe destacar otro hecho importante vinculado con el estilo tradicional de instrucción, que es la imagen errónea de ciencia que tiende a generar en el alumnado. Esto se ve

claramente por la forma en la cual se presentan los contenidos en el aula, completamente elaborados, sin ajustarse a la forma en que evoluciona la ciencia, ni a sus conexiones con otras ramas del conocimiento. No se posibilita que los educandos realicen algún tipo de actividad característica de los científicos. Por lo tanto, los estudiantes de secundaria, tienen una imagen de ciencia vinculada a un supuesto método científico, mágico y único como receta para realizar ciencia. El cambiar la imagen errónea de ciencia que adquieren los estudiantes es según investigaciones actuales, una de las claves para mejorar la educación en Física. (Gil Perez, Macedo, et al. 2007).

## Estilo indagativo

Diversos autores, tales como Tarciso Borges (2002), Gil Perez, Macedo, et al. (2007) y Caamaño (2012), describen las potencialidades que tiene el estilo indagativo en el trabajo de laboratorio. Este estilo instruccional se caracteriza por un cambio en el desarrollo de las actividades de laboratorio, de forma tal que estén acordes con el trabajo científico y con la visión constructivista del aprendizaje.

[...] Las actividades de laboratorio se pueden armar como problemas prácticos más abiertos, que los estudiantes deben resolver sin la dirección impuesta por una guía estructurada. Se pretende que las prácticas de laboratorio se aproximen a investigaciones, integrando aspectos de las actividades científicas. (PEREIRA, SUÁREZ, 2012, p. 7).

[...] En una investigación abierta, al estudiante le cabe toda la solución, desde la percepción y generación del problema; su formulación en forma susceptible de investigación; la planificación del curso de sus acciones; la selección de los equipamientos y materiales, la preparación del montaje experimental, la realización de medidas y observaciones necesarias; el registro de los datos en tablas y gráficos; la interpretación de los resultados y la enumeración de las conclusiones. De esta forma se propician actividades relevantes y motivadoras para los estudiantes, que los desafíen a utilizar sus habilidades cognitivas para construir modelos más robustos, capaces de dar sentido a sus experiencias. (SUÁREZ, TORNARÍA, 2012, p. 2).

Gil Perez et al. (2007) plantean una serie de aspectos que deben contener los trabajos de laboratorio en el marco de transformarlos en pequeñas investigaciones, tales como: plantear situaciones abiertas donde los alumnos deban plantear hipótesis que les permita guiarse en el trabajo; puedan realizar análisis cualitativos y estimaciones, buscar relaciones con la tecnología, sociedad y medio ambiente; tratar de contrastar las hipótesis planteadas; diseñar sus propios experimentos; fomentar la inclusión de nuevas tecnologías;

reconocer la importancia del control de variables; incentivar la revisión de diseños e hipótesis planteadas; buscar trabajos de índole similar; realizar memorias y trabajar en grupos.

Los autores adherimos plenamente al trabajo de laboratorio como pequeñas investigaciones, considerando que dicha metodología permite un desarrollo integral del estudiante, generando logros de aprendizaje en ciencia que difícilmente puedan ser alcanzados con otras formas de trabajo. Sin embargo consideramos que este enfoque está poco presente en las prácticas de enseñanza de nuestras aulas uruguayas. Históricamente los cursos de Física pre-universitarios de nuestro país, se caracterizaron por tener destinado en forma separada horas de trabajo de laboratorio de las consideradas teóricas; es en estos cursos donde hay una actividad sistemática regular de trabajo experimental a nivel de todo el país. Pero, ha trasuntado en general, en dos cursos relativamente independientes, al punto que hasta el año 2006 podían ser desarrollados por dos docentes distintos. Las actividades experimentales que se realizan en las horas destinadas a “Física práctico” están vinculadas con cada uno de los contenidos que se dan en las clases teóricas. Teniendo esto en cuenta, es que se realizan en promedio entre 6 y 8 actividades experimentales a lo largo del año. Esto es incompatible con un enfoque de actividades experimentales abiertas, ya que cada una tiene una extensión temporal mucho mayor a una actividad con un enfoque tradicional. Otro inconveniente que surge, es la necesidad de tener en las instituciones educativas un laboratorio de “puertas abiertas” donde los estudiantes puedan ir las veces que sea necesario a trabajar en sus proyectos, donde tengan acceso libre al material del laboratorio.

## Aprendizaje activo de la Física

De acuerdo a lo que ya expresamos, los mayores niveles de logro de aprendizaje en los estudiantes se dan cuando realizan actividades experimentales, en las que deben argumentar sus puntos de vista y enseñar a otros.

En esta línea se encuentran las estrategias de aprendizaje activo creadas en los Estados Unidos por destacados investigadores en la enseñanza de la Física. Pese a que son conocidas a nivel mundial y se utilizan en muchos países del cono sur, han tenido escasa difusión en Uruguay.

Estas estrategias se destacan por ser el alumno el centro del proceso educativo, desplazando al docente de dicho lugar, guiando al alumno en la construcción del conocimiento a través de la observación directa. Utilizan un ciclo de aprendizaje que consta de un proceso de predicción, observación, discusión y síntesis. (Benitez, Mora, 2010). Estas técnicas son sumamente dúctiles y pueden ser aplicadas en clases teóricas, realizando experimentos de cátedra o los que nos atañe a nosotros en este artículo, que es su aplicación al trabajo de laboratorio en pequeños grupos. En este sentido se encuentran la serie de textos “Real Time Physics: Active Learning” desarrollada por Sokoloff, Thornton y Laws.

Las estrategias de aprendizaje activo en el laboratorio

pueden tener distintas variantes; en el caso concreto de los módulos de trabajo de laboratorio Real Time Physics, se parte de una tarea de predicción que el alumno debe realizar de manera individual y entregar al comienzo del laboratorio. Posteriormente se desarrolla el trabajo experimental en grupos de no más de 4 alumnos y se complementa con una tarea individual que se debe realizar en forma domiciliaria. Se busca que se produzcan en el alumno conflictos y puentes cognitivos, a través de procesos de exploración, introducción y aplicación de conceptos. Algunas de las características básicas de esta estrategia concreta son la comprensión por práctica de cómo funcionan los dispositivos de medida, la realización de experimentos cualitativos, predicciones, conflicto cognitivo, múltiples representaciones, medidas cuantitativas y modelados matemáticos. Cabe destacar que varias investigaciones independientes han demostrado que este tipo de actividades tienen logros de aprendizaje muy superiores a los de otras estrategias. (Redish, 2004).

Independientemente de las variantes con que se apliquen las estrategias de aprendizaje activo en el laboratorio, los estudiantes tienen que realizar predicciones de manera individual sobre un experimento, posteriormente deben comparar sus predicciones con la de sus compañeros, tratando de llegar a una respuesta en común. Finalmente deben realizar el experimento y las observaciones pertinentes, comparando los resultados obtenidos con las predicciones. Una técnica con estas características está claramente centrada en la actividad del alumno y en el proceso de aprendizaje, el cual resulta individual, al tener el estudiante que realizar una predicción personal y a la vez social, debido a que se da un proceso de aprendizaje donde debe argumentar su postura y tratar de enseñarle a otro par, dándose un intercambio, un trabajo colaborativo. En este sentido se reproducen los procesos científicos en el aula, generándose procesos sistemáticos de indagación y discusión, tal como ocurre en una comunidad científica. Son los estudiantes quienes construyen su conocimiento al realizar las actividades experimentales; de esta manera el laboratorio pasa de ser un lugar donde se verifica lo aprendido a uno donde se genera el conocimiento. Se dan condiciones para la activación cognitiva del estudiante y el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior. Al pedir una predicción fundamentada, el estudiante es llevado a pensar sobre lo que sucede ante determinadas circunstancias, esto lo ubica en el contexto de un problema que requiere la realización de hipótesis e inferencias. Se generan instancias para que evalúe razonamientos alternativos, aportándole oportunidades para la flexibilidad de su pensamiento.

## Ceibal activo

A partir del análisis de la realidad de la educación en Física en el Uruguay, así como de los distintos estilos instruccionales y de las estrategias de aprendizaje activo, opinamos que estas últimas son idóneas para aplicar en nuestro sistema educativo por el colectivo docente. Por otra parte como cada estudiante de secundaria posee una

computadora personal, y en los laboratorios de Física hay interfaces con distintos sensores que pueden conectarse a ellas, es posible que los docentes puedan potenciar y mejorar los logros de aprendizaje en ciencia.

Las estrategias de aprendizaje activo aplicadas al laboratorio, claramente no dependen de la tecnología, pero las herramientas digitales son un aliado ideal para maximizar todo su potencial. Según Thornton y Sokoloff (1990), las herramientas digitales aplicadas en las metodologías de aprendizaje activo le dan la posibilidad a los estudiantes de realizar las actividades experimentales sin perder gran parte del tiempo en tomar los datos. Por otro lado, como los datos son graficados en tiempo real, permiten a los alumnos una pronta representación y conexión con el fenómeno. Asimismo, al tomarse y analizarse los datos rápidamente, los alumnos pueden examinar con relativa sencillez las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales. Como las herramientas de hardware y software son independientes de los experimentos, los estudiantes pueden investigar diversos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados.

A partir de lo analizado, cabe preguntarse concretamente cual sería la forma óptima de aplicar las metodologías de aprendizaje activo en los cursos de laboratorio de Física en el Uruguay, potenciando las mismas con las herramientas digitales. Como hemos mencionado anteriormente, en el Uruguay existe una amplia tradición de uso de guías estructuradas de práctico. En este sentido los autores consideramos que los cambios comienzan con pequeñas cosas, por lo cual se pueden adaptar las guías existentes basándolas en predicciones y realización de actividades breves y atractivas. Es posible incorporar la esencia del aprendizaje activo en el laboratorio, cambiando una práctica que podría por ejemplo tratarse originalmente de calcular una magnitud o verificar la relación entre ciertas magnitudes, en una en la cual los estudiantes deban predecir las variables de las que depende el fenómeno o las relaciones entre distintas variables, para posteriormente estudiarlo el problema en forma experimental.

En base a estas ideas, podría comenzarse una actividad presentando un experimento concreto o una situación problemática plausible de estudiar en el laboratorio. A partir de la misma se puede solicitar a los alumnos que realicen una predicción sobre cómo evolucionará el fenómeno físico, qué características tiene o de qué variables depende, y que posteriormente discutan con sus pares sobre las predicciones. Finalmente se comenzaría la actividad experimental, que podría realizarse en condiciones “tradicionales”, o perfectamente, según la flexibilidad del docente, se podría dar a los estudiantes un conjunto de materiales y pedirles que ellos elaboren el diseño experimental. La actividad se cerraría con un proceso de discusión y síntesis de los resultados obtenidos.

Para ejemplificar la propuesta presentada, consideremos un experimento clásico de mecánica que consiste en verificar que se conserva la energía mecánica en la oscilación de un péndulo simple. Esta actividad puede tener

muchas variantes, pero en general se le solicita a los estudiantes que separan el péndulo un ángulo  $\theta$  conocido, respecto a la posición de equilibrio y determinen experimentalmente (por un método ya explicitado) la velocidad con que pasa la lenteja por la vertical. Posteriormente se compara la energía mecánica inicial con la final y se sacan conclusiones. Siguiendo con las ideas planteadas anteriormente, creemos que cambiando simplemente algunos aspectos de cómo se encara esta actividad, se puede transformar en una basada en estrategias de aprendizaje activo. Para ello se puede comenzar el laboratorio describiendo la actividad y pidiéndoles a los estudiantes que en forma individual expliciten que hipótesis se deben realizar para asumir qué se conserva la energía mecánica en el sistema y que discutan si la fuerza tensión realiza un trabajo sobre el péndulo.

Posteriormente se puede solicitar que encuentren una expresión matemática para la velocidad de la lenteja al pasar por la posición de equilibrio, en función del ángulo en que se separa la misma. Llegado a este punto, los estudiantes deberían discutir con sus pares sobre las hipótesis en que se basa el modelo y las relaciones obtenidas entre las variables. Finalmente se puede plantear que diseñen un método experimental para determinar la velocidad de la lenteja al pasar por la posición de equilibrio y que comparen los resultados obtenidos con sus predicciones.

Si los estudiantes tienen incorporado el trabajo con las distintas herramientas digitales y el uso de sensores, pueden elegir entre ellos, cuál es el mejor método de medida para la velocidad e incluso medir de distintas formas y comparar los resultados. Por ejemplo podrían utilizar un sensor de posición para hallar la velocidad de la lenteja o el sensor de fuerza y hallar la velocidad a partir de la determinación de la tensión del hilo.

Observemos como una actividad planteada en estos términos, no necesariamente lleva mucho más tiempo de aula que una propuesta de trabajo tradicional. Asimismo una estrategia de este tipo desarrolla especialmente:

- El aprendizaje significativo a partir de lograr aflorar concepciones previas, como podría ser creer que la tensión realiza trabajo.
- La elaboración de hipótesis y modelos de interpretación.
- La contrastación y aplicación de modelos.
- La capacidad de argumentación, razonamiento y pensamiento crítico.
- La predicción de la evolución de los fenómenos.
- Las habilidades colaborativas.
- El diseño y armado experimentos en función de las hipótesis y modelos que pretende verificar y del material de laboratorio.

La realización sistemática de estrategias de laboratorio con estas características, claramente mejoran la motivación, comprensión y aprendizaje conceptual, desarrollando la capacidad de argumentación, así como el razonamiento y el pensamiento crítico al hacer uso de criterios y evidencias. Los aprendizajes son potenciados por el trabajo colaborativo, ya que los estudiantes deben no solo ar-

gumentar y defender su posición, sino también en algunas circunstancias enseñarle a un par. Estas son actividades con una gran ganancia, según la pirámide de Cody Blair.

Las actividades presentadas de esa manera demandan una anticipación del estudiante, así como un análisis de la situación y una evaluación de la misma, procesos esenciales de un pensamiento estratégico de calidad.

Es importante destacar que la utilización de las ceibalitas en el laboratorio, como herramienta para potenciar el aprendizaje, no está supeditado al uso de las interfaces comerciales que se encuentran en las instituciones educativas. Existen otras posibilidades de trabajo que permiten explorar el mundo físico, también explotando el hecho que los estudiantes posean computadoras personales. En esta línea se presentan dos herramientas, los software de análisis de video y los teléfonos inteligentes.

El análisis de movimientos a partir de filmaciones digitales es una herramienta muy poderosa para estudiar cinemática, dinámica y energéticamente distintos movimientos, así como para analizar espectros de luz. En este sentido “las ceibalitas” que se entregan a los estudiantes ya tienen cargado por defecto el programa de análisis de video de licencia libre “Tracker”. Este software tiene una interfaz muy amigable y por medio de tutoriales que se encuentran en la web, los estudiantes pueden aprender a dominar las características básicas del mismo en menos de media hora.

Consideramos que el uso de esta herramienta se debe incorporar al repertorio de estrategias didácticas en el sentido que todos los estudiantes tienen la posibilidad de utilizar la misma en forma individual. Esto permite además que los alumnos puedan trabajar desde su casa, a su propio ritmo, independizándose del laboratorio en el caso que sea necesario.

En la actualidad el uso de los teléfonos inteligentes o smartphones se ha popularizado de forma tal que, en un aula de clase, varios estudiantes poseen este tipo de teléfonos. Los mismos son otra puerta para realizar mediciones del mundo físico, ya que existen múltiples aplicaciones que permiten controlar una serie de sensores que traen dichos teléfonos, tales como de aceleración lineal y angular, sonido, campo magnético o luminosidad. Los software destinados a levantar los datos de los sensores, generan tablas de valores, las cuales pueden posteriormente ser levantadas por una planilla de cálculo. De esta manera los estudiantes, pueden a través de dispositivos de uso cotidiano como los celulares y de sus computadoras personales, analizar los datos obtenidos de la realidad.

Al igual que en el caso de los software de análisis de video, el uso de los smartphones debe ser otra herramienta más de trabajo. En este sentido cabe destacar el esfuerzo que han realizado destacados investigadores uruguayos, tales como los doctores Cecilia Cabeza y Arturo Martí, quienes han desarrollado durante los últimos años una serie de talleres en distintas partes del Uruguay, formando docentes de Física en el uso de los teléfonos inteligentes en el laboratorio.

Es importante recordar que la incorporación en sí mis-

mas de herramientas digitales al trabajo experimental no es condición suficiente para mejorar los logros de aprendizaje. Tanto las interfaces comerciales, los software de análisis de video o los teléfonos inteligentes, son un puntal fundamental para potenciar los aprendizajes si se utilizan en el marco de estrategias didácticas como las del aprendizaje activo.

## Reflexiones finales

La enseñanza de la Física y en particular lo que nos atañe a nosotros, el trabajo de laboratorio, es un camino ideal para motivar a los estudiantes, generar actitudes y hábitos que disponen al uso del pensamiento crítico. Proporciona oportunidades para el desarrollo de habilidades de pensamiento, habilidades metacognitivas y de reflexión, sobre el conocimiento y los modos propios de cognición.

La inclusión de las computadoras personales en el sistema educativo de enseñanza media, a través del Plan Ceibal, permite la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación. El carácter multifacético de las TICS, moviliza al entorno de enseñanza, donde el docente tiene un rol fundamental para propiciar su valor educativo.

Los docentes debemos capitalizar las herramientas digitales para obtener mejores logros de aprendizaje y a partir de la enseñanza de la Física aportar a la formación del individuo a nivel personal y social.

La incorporación de las TICS por sí solas en el trabajo de laboratorio, no alcanzan para mejorar el aprendizaje de la Física. Es en este punto donde resulta clave el rol del docente en el aula y las estrategias de enseñanza-aprendizaje que utiliza. El docente debe ser guía y facilitador de aprendizajes. Proveer los andamios para que sus estudiantes elaboren contenidos y habilidades. En ocasiones, debe ser el puente con otros actores o recursos que les brinden herramientas que él no puede proporcionar. En este sentido es que el ciclo de aprendizaje que consta de un proceso de predicción, observación, discusión y síntesis en el que se basan las estrategias de aprendizaje activo es ideal para desarrollar en los estudiantes habilidades de pensamiento, actitudes y valores. Por otro lado contribuye a acercarse a una idea más cabal sobre la naturaleza de la ciencia.

Aquellas estrategias didácticas que aborden un trabajo participativo de los estudiantes, trasuntaran en una mejor calidad de la enseñanza de la Física.

## Referencias

- ASOCIACIÓN DE PROFESORES DE FÍSICA DEL URUGUAY. El rol del laboratorio en la enseñanza de la Física. Disponible en <[http://apfu.fisica.edu.uy/Descargas/el\\_rol\\_del\\_laboratorio\\_en\\_la\\_enseñanza\\_de\\_la\\_fisica.pdf](http://apfu.fisica.edu.uy/Descargas/el_rol_del_laboratorio_en_la_enseñanza_de_la_fisica.pdf)> acceso el 24/09/2014.
- BARBERÁ, Oscar; Valdés, Pablo. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. Enseñanza

- de las Ciencias, v. 14, n. 3, p. 365-379. 1996.
- BENÍTEZ, Yolanda; MORA, César. Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana de Física*, v. 27, n. 2A, p.175-179, 2010.
- CAAMAÑO, A. La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En PEDRINACI, E. (coord.). 11 ideas clave. El desarrollo de la competencia científica. Barcelona: Graó, 2012 p. 31-40.
- CHURCHES, Andrew. Taxonomía de bloom para la era digital. Disponible en <<http://www.eduteka.org/pdfdir/TaxonomiaBloomDigital.pdf>>, acceso el 8/10/2014.
- DE PRO, Antonio. Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n. 73, p. 69-76, ene. 2013.
- DOMIN, Daniel. A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n.4, p. 543-547. 1999
- ENNIS, Robert. A Logical Basis for Measuring critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, v. 43, n. 2, p. 44-48, 1985.
- FLORES, Julia; CABALLERO, María; MOREIRA, Marco Antonio. El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, v. 33, n. 68, p.65-112, set./dic. 2009.
- GARCÍA, Pablo.; VILLAMIL, Alejandro. Algunas consideraciones sobre las clases experimentales en 2° Ciclo. Disponible en <<http://www.anep.edu.uy/ipafisica/htm/sec/cursver.htm>>, acceso el 12/10/2014.
- GIL PÉREZ, Daniel; MACEDO, Beatriz; MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín; SIFREDO, Carlos; VALDÉS, Pablo; VILCHES, Amparo. (editores) ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Santiago: OREALC/UNESCO, 2007.
- HODSON, Derek. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.
- LAVE, Jean. La cognición en la práctica. Barcelona: Paidós, 1991.
- MARQUES VIEIRA, Rui; TENREIRO-VIEIRA, Celina. Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 3, n. 3, p. 452-466, 2006.
- MERINO, Cristian; GÓMEZ, Adrianna; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Área y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2008
- MONEREO, Carles. Estrategias de aprendizaje. Madrid: Visor, 2002.
- MONTEIRO, Martín; CABEZA, Cecilia; MARTÍ, Arturo. Con la Física a todas partes: experiencias utilizando el teléfono inteligente. Disponible en <[http://www.ort.edu.uy/fi/pdf/con\\_la\\_fisica\\_a\\_todas\\_partes.pdf](http://www.ort.edu.uy/fi/pdf/con_la_fisica_a_todas_partes.pdf)>, acceso el 5/10/2014.
- NIKERSON, Raymond; PERKINS, David; SMITH, Edward. Enseñar a pensar. Aspectos de la aptitude intelectual. Barcelona: Paidós, 1994.
- PERALES, Javier; CAÑAL, Pedro. Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Madrid: Perfil, 2000.
- PEREIRA, Andrea; SUÁREZ, Álvaro. Las actividades de laboratorio en Física: un cambio en la estructura a favor del conocimiento científico. Disponible en <<http://www.uruguayeduca.edu.uy/Userfiles/P0001/File/Sobre las actividades de laboratorio en Física.pdf>>, acceso el 27/09/2014.
- PESSOA DE CARVALHO, A. Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. En QUINTANILLA GATICA, M; ADÚRIZ-BRAVO, A. Enseñar Ciencias en el Nuevo Milenio, Retos y Propuestas. Santiago: Universidad Católica de Chile, 2006, p. 73-90.
- PIPITONE, Carolina; SARDÁ, Anna; SANMARTÍ, Neus. Favorecer la argumentación en la clase. En MERINO, C; GÓMEZ, A; ADÚRIZ-BRAVO, A. Área y estrategias de investigación en la didáctica de las ciencias experimentales. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2008, p. 169-195.
- POPPER, Karl. El mundo de Parménides: ensayos sobre la ilustración presocrática. Barcelona: Paidós, 2004.
- REDISH, Edward. Teaching Physics with the Physics Suite. New Jersey: Wiley, 2004.
- SUÁREZ, Álvaro; TORNARÍA, Fernando. Análisis de un oscilador no lineal. Disponible en <[http://www.uruguayeduca.edu.uy/Userfiles/P0001/File/Análisis de un OSCILADOR\\_NO\\_LINEAL.pdf](http://www.uruguayeduca.edu.uy/Userfiles/P0001/File/Análisis de un OSCILADOR_NO_LINEAL.pdf)>, acceso el 13/10/2014.
- TARCISO BORGES, Antonio. Novos rumos para o laboratorio escolar de ciencias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313. 2002.
- THORNTON, Ronald; SOKOLOFF, David. Learning motion concepts using real-time, microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, v. 58, p. 858-867, 1990.
- TISHMAN, Shari; ANDRADE, Albert. Disposiciones de pensamiento: Una revisión de teorías, prácticas y temas de actualidad. Disponible en <[learnweb.harvard.edu/andes/thinking/docs/Dispositions.pdf](http://learnweb.harvard.edu/andes/thinking/docs/Dispositions.pdf)>, acceso el 5/10/2014.
- TOULMIN, Stephen. La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza, 1977.