

Los cinco problemas en la enseñanza de la física experimental

Di Laccio, J. L.

UdelaR/Departamento de Física del CENUR Litoral Norte. 50000, Salto, Uruguay
jdilaccio@unorte.edu.uy

Eje temático: Enseñanza de las ciencias básicas en los diferentes niveles del Sistema educativo.

Categoría: Enseñanza de las ciencias básicas en el Nivel Terciario

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar los principales problemas y desafíos encontrados en la enseñanza de la física experimental, a partir del estudio de diferentes referentes del tema. De los problemas detectados nos centramos en cinco: enseñanza a través de “recetas de cocina”, falta de actualización en las propuestas experimentales, interpretaciones rígidas de los programas por parte de los docentes, estaciones de trabajo poco inclusivas y prevalencia de la formación teórica por sobre la experimental de los docente que hace que opten más por enseñar la teoría que la experimentación. Los problemas detectados ocasionan desafíos para los docentes de física, que deben ser atendidos para una posible mejora de la calidad de la enseñanza y del aprendizaje de los estudiantes.

Palabras claves: física experimental, desafíos, problemas.

Introducción

En Uruguay, la enseñanza de la Física Experimental, en el ámbito público y a nivel terciario, se desarrolla en la Universidad de la República (UdelaR) y en el Consejo de Formación en Educación (CFE).

En UdelaR son las Facultades de: Ingeniería (FIng), Ciencias (FCien) y Química (FQ) y el Ciclo Inicial en Matemática (CIM) del Centro Universitario de la Región Litoral Norte (CENUR LN) quienes incorporan unidades curriculares de Física Experimental en sus carreras o programas de formación científico-tecnológicas.

En Formación Docente la física experimental se introduce en el profesorado de Física (PFís), en los diferentes institutos o centro de formación del país: Instituto de Profesores Artigas, Centros Regionales de Profesores (CeRP's), Institutos Normales en donde se dicta de forma presencial el profesorado de Física (Paysandú, Treinta y Tres) y en la modalidad semipresencial.

Las unidades curriculares principales con incorporación de elementos de física experimental en UdelaR y en el CFE son: Taller I y Taller II de Facultad de Ciencias, Física Experimental 1 y Física Experimental 2 de Facultad de Ingeniería, Física 103 de Facultad de Química y Física Experimental 1 y Física Experimental 2 del profesorado de Física.

Los cursos de las facultades (FIng, FCien, FQ) y del CIM son presenciales y se organizan por semestre. Por su parte, los cursos dentro del CFE, PFís son cursos también de corte presencial aunque se desarrollan de forma anual.

De forma transversal podría decirse que en las unidades curriculares anteriormente nombradas, tienen como objetivo que el estudiante:

- 1) Mida cuidadosamente
- 2) Maneje algún programa de análisis de datos (MatLab, RStudio, Python, Octave, Hojas de Cálculo, entre otros.
- 3) Adquiera competencias para la recolección de datos mediante interfaces
- 4) Realice el tratamiento de datos experimentales, determinando las correspondientes incertidumbres (errores tipo A y B)
- 5) Ajuste sus datos y encuentre el mejor modelo que ajuste a sus datos
- 6) Trabaje como parte de un equipo
- 7) Elabore reportes
- 8) Comience a desarrollar criterio científico ante las situaciones planteadas, es decir, a desarrollar espíritu crítico ante las propuestas y su propio trabajo.

En la tabla 1 se presentan las unidades curriculares de física experimental del país seleccionadas, indicando su:

- ✓ Unidad curricular (UC): nombre que toma la unidad curricular en su contexto.
- ✓ Créditos u horas asignadas (Créd./H): Cada crédito refiere a 15h de trabajo del estudiante por todo concepto (clases y trabajo autónomo) y las horas de clase se refieren a las horas que el estudiante debe concurrir a clase.
- ✓ Modalidad de cursado (MC): se identifican dos tipos de modalidades, semestral (S) y anual (A).
- ✓ Año de la carrera (AC): año de la carrera en el cual se desarrolla.
- ✓ Contenidos: se indican de forma simplificada los contenidos a los que refiere.

UC	Créd./H	MC	AC	Contenidos
Taller 1 (FCien)	4	S	1	Tratamiento de datos-Manejo de técnicas computacionales para el tratamiento de datos. Contenidos de Física 1
Física Exp.1 (PFís)	60 h	A	1	
Física 103 (FQ)	8	S	2	
Taller 2 (FCien)	4	S	1	Contenidos de Física 2
Física Exp. 1 (FIng)	5	S	2	Contenidos de Física 1 y 2
Física Exp. 2 (FIng)	5	S	2	Contenidos de Física 3
Física Exp. 2 (PFís)	90 h	A	2	Contenidos de Física 2

Tabla 1. Cursos básicos de física experimental a nivel introductorio.

Con respecto a los contenidos debe decirse que las unidades curriculares de física experimental tienen como sustento teórico contenidos conceptuales que son objeto de algunas de las unidades curriculares de física básica: Física 1, Física 2, Física 3, Física 101 y Física 103, en cada contexto educativo la física básica tiene nombres similares pero no únicos. Estas,

podría decirse, pretenden brindarle al estudiante un panorama global y general de la Física clásica, sin entrar en detalles técnicos.

Se introducen contenidos de Mecánica, Electromagnetismo y Física Térmica, en donde se tratan los conceptos de: velocidad, aceleración, fuerza, masa, energía, momento lineal y angular, fluidos, ondas, temperatura, transferencia de calor, carga eléctrica, intensidad de corriente, campos eléctrico y magnético, potencial, entre otros. El tratamiento de los contenidos y sus conceptos es a nivel introductorio puesto que las competencias matemáticas que se introducen de forma paralela a los mismos también son básicas. En el primer año o año y medio de las carreras los cursos que priman son de cálculo y álgebra en el ámbito universitario y de cálculo en la formación de profesorado.

Volviendo a la física experimental, algunas de las características de estos cursos son: grupos reducidos de estudiantes (por lo general no más de 15 estudiantes por docente), son presenciales, tienen asignado un espacio de laboratorio, la asistencia es obligatoria, los docentes responsables proponen notas y guías experimentales para sus estudiantes que se utilizan año a año, la clase es semanal y tienen al menos dos horas de duración, se usan guías de laboratorio elaboradas por los docentes responsables que van utilizando año a año y la evaluación es principalmente con reportes de laboratorio y pruebas. Cada contexto en donde se desarrolla la física experimental tiene algunos objetivos particulares en cuanto a características propias de la institución o departamento de Física del centro en que se dicta.

DESARROLLO

El desarrollo de la física experimental en los diferentes contextos tiene, como ocurre a nivel mundial, diferentes problemas y desafíos. Los problemas pueden estar en la metodología de enseñanza, en el escaso aprendizaje de los estudiantes, la falta de interés de los estudiantes ante las propuestas, la falta de motivación de los docentes en realizar rutinas de laboratorios repetidas año a año, la falta de recursos/equipamiento para la realización de las actividades de laboratorio y la cantidad de estudiantes, las aulas no diseñadas para el tipo de dinámicas activas, entre otras. Muchas veces los problemas son sumatoria de los anteriores a diferentes niveles.

Existe en el colectivo docente un cierto consenso respecto de los problemas que son objeto del desarrollo de las clases de física experimental. También se entiende que no hay una única forma de resolverlos puesto que por lo general son complejos y con varias variables que inciden y deben ser consideradas.

En este trabajo se tratan de identificar al menos cinco de los problemas y brindar algunos elementos basados en experiencias de investigaciones otros países que podrían contribuir en la elaboración de soluciones. A continuación, de una lista que puede ser ampliada, se presentan y discuten problemas de la enseñanza de la física experimental.

Problema 1: Enseñanza a través de “recetas de cocina”

Las propuestas de guías experimentales para el desarrollo del experimento por parte de los estudiantes por lo general son muy estructuradas, son una secuencia de pasos a seguir de forma tal que pareciera que se está realizando una “receta de cocina”, en la cual basta con colocar de forma secuenciada los ingredientes en la forma que se indican para la obtención de un producto. Este tipo de propuesta es muy pobre para el aprendizaje y usada con frecuencia por parte de los docentes en el ámbito terciario (Tricarico, 1985). Esto está asociado, en

muchos casos, con la experiencia previa de los docentes. Los docentes que se han formado con la metodología repetitiva, cuando son docentes reproducen de forma acrítica las prácticas a la que han sido expuestos, siguen tradiciones docentes. En Uruguay no es muy difícil escuchar a los docentes de experimental decir “cuando yo lo hice en mi formación seguíamos todo al pie de la letra” refiriéndose a que ahora los estudiantes no tienen ese compromiso de seguir el procedimiento tal como se lo plantean. Este tipo de propuestas de experimentos son poco atractivas para los estudiantes y centradas principalmente en la enseñanza.

El desafío es pasar de rutinas mecanicistas a propuestas constructivistas y que favorezcan el *aprender a aprender* más que acumular informaciones. Las propuestas de trabajos experimentales que se diseñan atendiendo a los diferentes procesos que lleva adelante un científico pueden ser útiles para que los estudiantes aprendan eficazmente a pensar y resolver problemas (Wieman, 2015). El proceso que lleva adelante un científico al realizar sus experimentos no es lineal sino que se muchas veces se superponen etapas ya que la propia tarea lo demanda pero más allá de esto y de forma general puede organizarse mediante algunos pasos:

- 1) Establecer un objetivo claro
- 2) Definir las variables adecuadas a medir
- 3) Estudiar la viabilidad del experimento
- 4) Realizar el diseño y montaje experimental
- 5) Desarrollar una estrategia detallada de adquisición de datos (cuantos datos, frecuencia de muestreo, etcétera) y recolectarlos
- 6) Analizar los datos
- 7) Discutir y evaluar los resultados
- 8) Analizar las implicancias de los resultados.
Es decir si los resultados tal vez son lo que se espera o si por el contrario es un aporte novedoso o nuevo al tema.
- 9) Presentar el trabajo en diferentes formatos que sean adecuados para su ámbito.

Los reportes escritos (informes clásicos) son una buena estrategia aunque no debería ser la única. En la actualidad existen diferentes formas de reportar los trabajos de forma formal e informal que incluyen muchas veces redes sociales como: Twitter, LinkedIn, Academia, entre otras que permiten abrir la clase a un público más amplio y abarcativos y con diferentes miradas complementarias. Esto no inhabilita muchas de las evaluaciones tradicionales sino que las complementa, las potencia y las pone en contexto de la sociedad.

Problema 2: Falta de actualización en las propuestas

Las propuestas de experimentos están desactualizados a los nuevos tiempos y aparición de nuevas técnicas y tecnologías que están disponibles y son accesibles por el público no especializado. En muchos casos se siguen usando en los experimentos equipamientos que ya cumplieron su ciclo, la tecnología ha puesto al alcance de todos de nuevos equipos a muy bajo costo. En los experimentos propuestos a los estudiantes siguen apareciendo dispositivos complejos (para la época en que fueron creados) y que hoy tienen una sustitución directa y simple con las tecnologías disponibles.

Por citar un ejemplo: el timbre ha sido usado durante mucho tiempo para estudiar movimientos, algunos recordaran la práctica “cinta y timer”. La idea central era estudiar el movimiento de un objeto por lo que se necesitaba conocer su posición y el tiempo asociado a estas posiciones. Para ello la idea era generar marcas sobre una cinta de papel, adherida al objeto de estudio, a medida que un objeto se desplaza y conocer el tiempo correspondiente a las diferentes

posiciones de un objeto sabiendo la frecuencia del golpe del timbre. A partir de esto (t,x) es posible recrear la ley horaria de posición del objeto para luego completar el análisis cinemático. Conocer la masa del objeto permitía realizar análisis dinámicos (energía, momento, etcétera).

Hoy en día los estudios cinemáticos o dinámicos pueden ser realizados de forma más novedosa, atractiva para los estudiantes y con equipos para todos usando por ejemplo smartphones, muchos trabajos así lo muestran: Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C., 2014, Monteiro, M., Cabeza, C., Martí, A. C., Vogt, P., & Kuhn, J. , 2014, Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. ,2015, Kuhn J., Vogt P., 2013, Núñez, P., Calderón, S. *et al*, 2015, Gil, 2014, Gil y Di Laccio, 2017, entre otros tantos ejemplos. Podría agregarse que en junio de 2019 nos encontramos con la primera tesis de doctorado en tema de smartphones: Salinas Marín, I. (2019). Didáctica de la Física Experimental con Smartphones. El desafío es permear a los colegas con las propuestas, evaluarlas y potenciar su uso en los casos pertinentes. En la figura 1, se presenta de forma resumida el proceso de experimentar el movimiento circular y obtener el archivo de datos desde un teléfono inteligente para su posterior análisis. Cada estudiante tiene su laboratorio de bolsillo y el laboratorio tradicional abre sus puertas para experimentar en cualquier lugar y momento.

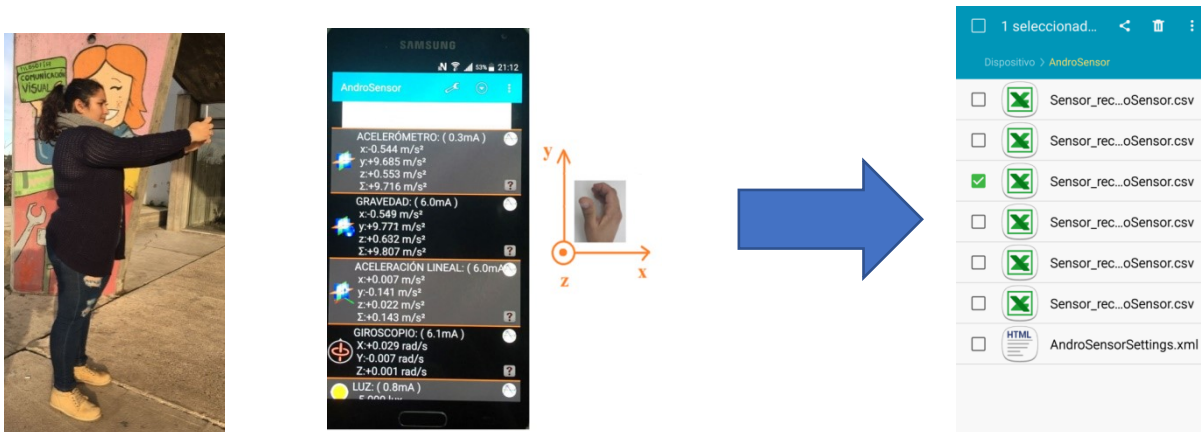


Figura 1. Estudiante recolectando datos de un movimiento circular simulado.

Problema 3: Interpretaciones rígidas de los programas por parte de los docentes

Los programas por lo general son escuetos en su redacción, solamente aparecen los grandes titulares de los temas, los puntos medulares de los contenidos a tratar. Las interpretaciones docentes de estos contenidos derivan siempre en un mismo conjunto de experimentos (que se usan año a año) y que no se cambian ni en su forma de enseñanza ni en su contenido, independientemente de los intereses de los estudiantes.

Los cronogramas son apretados ya que todos los experimentos deben realizarse entre tal y cual fecha. El énfasis está en la enseñanza desde la academia y sin tener en cuenta los tiempos de aprendizaje. En este sistema no hay lugar para las iniciativas personales de los estudiantes y prácticas que puedan motivar a los docentes.

Se asume, equivocadamente, que al cumplir de forma estricta un cronograma los estudiantes serán capaces de adquirir destrezas generales de trabajo en el laboratorio, tener una comprensión de la física del fenómeno de estudio y comprender el rol central que tiene el tratamiento de la incertidumbre en la medición. Las investigaciones muestran que lo que logra hacer el estudiante en este contexto es reproducir algunas técnicas mecánicas de cálculo de

medias, desviaciones estándares, ajustes de datos mediante líneas rectas, careciendo de una adecuada adquisición de métodos de validación de conocimientos y comprensión de las incertidumbres obtenidas (Allie & Buffler, 2003).

El desafío es poder llegar a un equilibrio en donde se tengan en cuenta los intereses de los estudiantes, sus iniciativas y los intereses docentes. Docentes reconfortados al enseñar y estudiantes que respondan con entusiasmo a este tipo de actividades. Incorporar conocimientos que están secuenciados y al alcance del estudiante con un esfuerzo moderado y prudencia, de acuerdo al nivel de maduración.

Problema 4: Estaciones de trabajo poco inclusivas y no actualizadas

La literatura es muy escasa respecto de cómo se deberían organizar las estaciones de trabajo en el espacio físico del laboratorio o modificar las estaciones ya existentes si estas no permiten entornos de enseñanza y aprendizaje, y a la par incorporar a estudiantes con algún tipo de discapacidad física (Ramlo, 2007).

La disposición de las estaciones de trabajo por lo general es acuerdo entre arquitectos y directivos. Los docentes no participan o participan poco. Las instalaciones y las estaciones de trabajo son dadas al docente y la propuesta debe adaptarse a ello. Existe poco margen de modificaciones reales de la disposición ya que en muchos casos ese espacio es compartido con asignaturas que son de características teóricas.

Lo que está claro es que el espacio y las estaciones de trabajo deberían permitir el trabajo en pequeños grupos, incorporar buen acceso a conexiones eléctricas y de Internet ya sea cableada o inalámbrica, contar con la cantidad necesaria de equipos de laboratorio para los estudiante, dotar de equipos de procesamiento (por ejemplo computadoras o equivalentes) , mesas de trabajo con espacio suficiente para el armado de montajes de experimentos, facilidad de acceso de estudiantes con algún tipo de discapacidad física, entre otros. Respetando siempre las normas de seguridad en el laboratorio al trabajar con diferentes tipos de equipamiento y/o sustancias.

Los requerimientos anteriores y el espacio típico de un laboratorio de alrededor de 40 m² hacen que no se puedan albergar a más de 10 a 15 estudiantes por grupo. También el tipo de trabajo deseado, docente como facilitar de los trabajos, no permite que puedan atenderse por parte de un solo docente mucha cantidad de estudiantes. El desafío en este caso tiene que ver con lograr las condiciones anteriormente descritas o similares y que el laboratorio sea el ámbito de la experimentación por encima de actividades de índole teórico.

Problema 5: Prevalencia de formación teórica por encima de la experimental

La formación de docentes a nivel terciario, de acuerdo con las cargas horarios o créditos establecidos a los cursos dentro de las carreras, es de corte teórico. Los docentes cuentan con una razonable información teórica debida al tiempo que se les asigna dentro de una carrera y una muy pobre formación experimental y metodológica. Este aspecto es una deficiencia de nuestros sistemas educativos que debe ser resuelto.

A MODO DE CIERRE

En los problemas y desafíos de la enseñanza de la física experimental no estamos solos en la región ni mucho menos en el mundo, es un tema transversal que preocupa y ocupa a muchos investigadores y educadores. Al coexistir una variedad importante de propuestas de enfoques de trabajo en el laboratorio surge de manera clara que no se dispone de una solución simple o mágica para resolver los problemas y desafíos actuales. Lo alentador es haber identificado una gran actividad y relevancia de estudios e investigaciones en dicha área, que nos indica que hoy tenemos más conciencia a nivel mundial de la magnitud de los problemas y desafíos.

Se entiende que los experimentos permiten al estudiante validar el conocimiento propuesto por los docentes en sus cursos, reconocer algunos de los métodos que tiene la ciencia para “creer en lo que creemos” y por su alto valor en la obtención de aprendizajes significativos de los conceptos, procedimientos y actitudes en Física.

Lo que es claro de la literatura es que, cuando el estudiante tiene oportunidad de involucrarse al realizar experimentos logra un aprendizaje significativo y duradero. Un aprendizaje que es producto de su interacción constante y repetida con el fenómeno de estudio, en donde debe manejar varias destrezas de forma armónica para su comprensión.

Los problemas principales a los que refiere este trabajo son: Enseñanza a través de “recetas de cocina”, Falta de actualización en las propuestas, Interpretaciones rígidas de los programas por parte de los docentes, Estaciones de trabajo poco inclusivas y no actualizadas y Prevalencia de formación teórica por encima de la experimental. Estos problemas no son los únicos y tampoco son independientes entre sí, sino que combinados pueden ser más nocivos que cuando aparecen de forma aislada.

Uno de los aspectos relevantes de este trabajo es poner en valor algunas experiencias exitosas a nivel del mundo en donde se abordan las problemáticas y desafíos. Experiencias que pueden ser un punto de partida para en conjunto poner en el foco la enseñanza de la física experimental y sus necesidades de mejora.

En Uruguay, si bien no son más de treinta docentes que se hacen cargo de los cursos de física experimental a nivel terciario, no se ha generado un diálogo sistemático y en igualdad de condiciones entre los docentes de las instituciones que tienen cursos de física experimental. Este diálogo, en la actual coyuntura, puede estar más cerca que distante puesto que, el desarrollo de planes conjuntos de formación de posgrado en la interface ANEP-UdelaR ha generado lazos más estrechos entre la universidad y la formación docente. Los actores con diferentes perfiles en su formación, con preocupaciones, problemas y desafíos comunes tienen mucho para decir, debemos generar las condiciones para que ello ocurra.

REFERENCIAS

- Allie S. & Buffler A. (2003). Teaching Measurement in the Introductory Physics Laboratory. *The Physics Teacher*, 394-401.
- Calderón, S., Núñez, P., Di Laccio, J.L., Mora Iannelli, L. y Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 212-226.
- Gil S. y Di Laccio, J.L. (2017) Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias. *American Journal of Physics Education*, 1305 (1-9).
- Gil, S. (2014). Experimentos de Física usando TIC y elementos de bajo costo. Buenos Aires. Alfaomega.
- Kuhn J., Vogt P. (2013). Applications and Examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphones in Physics Lessons. *Frontiers in Sensors*, 67-73.
- Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2014). Con la Física a todas partes: experiencias utilizando el teléfono inteligente. *Educación en Física (A.P.F.U.)*, 8(4), 17-26.
- Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2015). Análisis del movimiento de un péndulo físico utilizando el teléfono inteligente. *Educación en Física (A.P.F.U.)*, 8(5), 37-43.
- Monteiro, M., Cabeza, C., Martí, A. C., Vogt, P., & Kuhn, J. (2014). Angular velocity and centripetal acceleration relationship. *The Physics Teacher*, 52(5), 312-313.
- Núñez, P., Calderón, S., y Gil S. (2009). Midiendo velocidades supersónicas utilizando YouTube. *American Journal of Physics Education*. 3 (1) 114-116.
- Ramlo, S. (2007). Physics Lab Renovation 101. *The Physics Teacher*, 228-231.
- Salinas Marín, I. (2019). Didáctica de la Física Experimental con Smartphones [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/125698>
- Tricarico, H. (1985). Física ¿Enseñanza Experimental? *Revista de Enseñanza de la Física*, 26-29.
- Wieman, C. (2015). Comparative Cognitive Task Analyses of Experimental Science and Instructional Laboratory Courses. *The Physics Teacher*, 349-351.