

LA EPISTEMOLOGÍA DE REICHENBACH APLICADA AL DESARROLLO DE TRABAJOS PRÁCTICOS CONTEXTUALIZADOS (TPC)

Reichenbach's epistemology applied to the development of context practical work (CPW)

Cristina T. Speltini¹
Jorge N. Cornejo²
Ana Isabel Iglesias³

Resumen: El presente trabajo describe la aplicación, durante tres cuatrimestres, de una innovación didáctica en el enfoque de los trabajos experimentales de un curso de Física para Ingeniería. El objetivo de la innovación fue trabajar en contextos, desde una ampliación de la perspectiva epistemológica de Reichenbach. Se planteó la enseñanza de temas de Física integrando los contextos: de descubrimiento, de justificación y de aplicación. Se observó que los trabajos experimentales contextualizados permiten extender la lógica disciplinar al relacionar aspectos históricos, epistemológicos, didácticos y tecnológicos del conocimiento enseñado. Una encuesta de opinión permitió conocer las ideas de los estudiantes sobre la innovación; los resultados obtenidos se muestran en el presente trabajo. Se advirtió que la implementación sistemática de esta innovación requeriría una organización curricular diferente, por lo menos en los cursos de Física para Ingeniería.

Palabras-clave: Contextos. Enseñanza de las ciencias. Epistemología de Reichenbach. Trabajos experimentales. Innovación didáctica.

Abstract: This paper presents a didactic innovation applied to the experimental work within a course of Physics for Engineers, during a period of three terms. The aim of this innovation was to work with "context" from an extended Reichenbach epistemological perspective. Physics concepts were taught, integrating the following contexts: discovery, justification, teaching and employment. It was noticed that when contexts are applied to experimental work, the disciplinary logic is broadened, as a result of linking historical, epistemological and technological aspects of the subject being taught. The students ideas about the innovation were gathered through a questionnaire and the results are included in this work. The systematic use of this innovation would require a different curricular organization at least in Physics courses for engineers.

Keywords: Contexts. Science teaching. Reichenbach's epistemology. Experimental work. Didactic innovation.

¹ Profesora Adjunta, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física; directora del proyecto UBACYT I002; codirectora del Proyecto de Urgencia Social I700, Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza. <cspelti@fi.uba.ar>

² Jefe de Trabajos Prácticos, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Física; investigador del proyecto UBACYT I002, Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza. <jcornej@fi.uba.ar>

³ Profesora, Departamento de Matemática, IES n° 1 "Alicia M. de Justo", Secretaría de Educación, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. <anabeliglesias1@yahoo.com.ar>

Introducción

Una revisión de los trabajos de investigación en Educación en Ciencias y de guías de trabajos prácticos⁴ propuestas para la enseñanza de la Física en ciclos básicos de carreras de Ingeniería, permite advertir que, salvo excepciones, los trabajos de laboratorio se desarrollan desde enfoques epistemológicos que omiten aportes del conocimiento actual sobre enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales. Entre las omisiones figuran los aspectos históricos, epistemológicos, tecnológicos o sociales de los temas encarados, y las ideas y valoraciones de los estudiantes sobre las actividades experimentales (TOULMIN, 1977; STINNER, 1989; BACHELARD, 1991; KOYRE, 1995; CORNEJO, 2000; CORNEJO *et al.*, 2004; LÓPEZ MARTÍNEZ e BERNAL MARTÍNEZ, 2005).

Los estudios vinculados al rol del trabajo de laboratorio en enseñanza de las ciencias para distintos niveles de escolaridad, indican la conveniencia de modificar la orientación marcadamente procedimental y rutinaria de los mismos para recuperar su valor como una instancia fundamental del aprendizaje científico (HODSON, 1992, 1994; SALINAS, 1994; WHITE, 1996). Debe reconocerse que esta problemática no es nueva, puesto que ya fue planteada por el premio Nobel de Física Robert A. Millikan en su obra *Mechanics, Molecular Physics and Heat* (1902). Millikan aboga por una enseñanza centrada en el laboratorio, pero en la que los trabajos prácticos sirviesen como un instrumento para la comprensión de los principios físicos y no como meros ejercicios de destreza manual. En palabras de Millikan: the most serious criticism which can be urged against modern laboratory work in Physics is that it often degenerates into a servile following of directions, and thus loses all save a purely manipulative value...It can not be too strongly emphasized that it is grasp of principles, not skill in manipulation which should be the primary object of General Physics courses⁵.

Asimismo, Holbrow (1999), en su estudio sobre la historia de los textos de Física utilizados en las universidades norteamericanas desde 1850 hasta el presente, concluye que existe un conjunto de dificultades típicas que atraviesan todos los manuales, independientemente de la época de su redacción. Entre tales dificultades se destacan: cómo motivar adecuadamente al estudiante, la necesidad de incluir contenidos de tipo experimental y la discusión acerca del grado de participación que deben tener los estudiantes en la realización de los experimentos (op.cit p. 50). La permanencia de estas dificultades características a través del tiempo es indicativa de su complejidad y, al mismo tiempo, de lo relevante que sería hallarles una adecuada solución.

⁴ En este escrito utilizamos indistintamente los términos “trabajo práctico”, “trabajo de laboratorio” o “trabajo experimental”.

⁵ “La crítica más seria que pueda dirigirse contra el trabajo de laboratorio moderno de física, es que a menudo degenera en un seguimiento servil de instrucciones y de esta manera pierde todo valor excepto el puramente manual... No puede enfatizarse suficientemente que es la comprensión de los principios y no la habilidad manual la que debería ser el principal objetivo de los cursos de Física General” [traducción de los autores].

Estas consideraciones adquieren un significado particular para la enseñanza de la Física en carreras de Ingeniería. De acuerdo con Laudan (1993), la resolución del tipo de problemas que deberá enfrentar un profesional de la Ingeniería requeriría la implementación de una enseñanza más integrada, es decir menos atomizada disciplinariamente. Las visiones instrumentalista y realista ingenua, que en ocasiones se adoptan durante la realización de algunas prácticas de laboratorio, parecen favorecer el desarrollo de formas de pensamiento rutinario y esquemático.

Nuestro objetivo fue, entonces, diseñar y desarrollar trabajos prácticos de laboratorio acordes con la formación integral de un profesional de la Ingeniería. Para ello, tomamos en consideración las mencionadas recomendaciones de Millikan, articulando las consideraciones de Laudan con la epistemología de Hans Reichenbach, tal como se encuentra descrita en las obras de Carnap (1988) y Klimovsky (2001). Este conjunto de ideas constituyó el fundamento para la renovación de los trabajos experimentales mediante la inclusión de *contextos*.

Consideraremos al *contexto* como un conjunto particular de elementos y temáticas que intervienen en la construcción y desarrollo del conocimiento científico. De acuerdo con la clasificación que Reichenbach estableció en *Experience and prediction* (1938), los contextos son:

Contexto de descubrimiento: comprende la producción de hipótesis y teorías, el hallazgo y la formulación de ideas, la invención de conceptos; todo ello relacionado con las circunstancias personales, psicológicas, sociológicas, políticas, económicas y tecnológicas que pudiesen haber influido en la gestación y aparición de dichas producciones.

Contexto de justificación: aborda cuestiones de validación, es decir, cómo saber si una producción es auténtica o no, si una creencia es verdadera o falsa, si una teoría es lógicamente aceptable, si las evidencias apoyan las afirmaciones, si realmente se ha incrementado el conocimiento disponible, etc. En palabras de Reichenbach (1938): La forma en que los matemáticos publican una nueva demostración, o un físico sus razonamientos en la fundación de una nueva teoría, casi podría corresponder a nuestro concepto de reconstrucción racional, y la bien conocida diferencia entre la manera de hallar un teorema y la de presentarlo al público puede ilustrar la diferencia en cuestión. Introduciremos los términos contexto de descubrimiento y contexto de justificación para señalar esta distinción⁶.

Según Klimovsky (2001) a estos dos contextos se agrega un tercero, que denomina,

Contexto de aplicación: en él se discuten las utilidades del conocimiento científico, su beneficio o perjuicio para la comunidad o la especie humana. Se trata de un conjunto de cuestiones que tienen pertinencia, inclusive, para comprender los problemas propios de los contextos previamente mencionados.

Por nuestra parte, para tomar en consideración los aspectos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje del conocimiento científico, diferenciamos, dentro del contexto de justificación, un sub-contexto, que denominaremos **didáctico**. Éste describe el desarrollo conceptual, formal y fáctico de la teoría física y las características particulares que dicho conoci-

⁶ Traducción de los autores.

miento adquiere al experimentar una o varias transposiciones didácticas (CHEVALARD, 1997). De esta forma, quedó establecida la clasificación que se utilizará sistemáticamente en la presente innovación.

En la actualidad son muchos los filósofos de la ciencia que afirman que la frontera entre contextos, especialmente entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación no es nítida ni legítima, pues podrían existir estrechas relaciones entre el problema de la justificación de una teoría (y de sus cualidades lógicas) y la manera en la que se la ha construido en el momento de su surgimiento (KLIMOVSKY, 2001; DÍAZ e RIVERA, 2004). Una visión similar presenta T.S. Kuhn en *“La estructura de las revoluciones científicas”* (1995). Sin embargo, estos epistemólogos consideran también que la división en contextos, independientemente de su precisión como idea filosófica, mantiene su utilidad en cuanto instrumento descriptivo de la labor científica, y en esa forma fue utilizada en la innovación y descripta en el presente trabajo (KLIMOVSKY, 2001).

Perspectiva didáctica

En nuestra labor docente, hemos reconocido que los estudiantes poseen diferentes formas de acceder al conocimiento, ya sea en términos de estilo o de intereses, por lo que nuestro principal interés ha sido generar una innovación didáctica que favorezca dicho acceso. La innovación propuesta considera las diferentes formas de aproximarse a los conceptos desde la historia del mismo, ya sea realizando procesos de razonamiento deductivo, visualizando aspectos epistemológicos o relacionándolo con cuestiones prácticas o de aplicación. Desde esta perspectiva se supera la identificación del contenido con los aspectos meramente disciplinares, ampliándolo, completándolo y enriqueciéndolo (LITWIN, 1997).

Para llevar a cabo la innovación didáctica se adoptó un conjunto de supuestos que permitió la adaptación de la noción epistemológica de cada contexto a la situación en el aula.

Contexto de descubrimiento: Un tema se aprende comprensivamente cuando se aprehende su génesis y evolución. Esta contextualización histórica facilita la reconstrucción de una trama de relaciones que proveen de sentido y significación a los sistemas conceptuales que asimila el estudiante.

Contexto de justificación: Es importante explicitar las herramientas conceptuales, su jerarquía teórica y los recursos lógicos implicados. Este proceso favorece la toma de conciencia de los estudiantes con respecto a los mecanismos de validación y justificación del conocimiento, en la forma en que los acepta la comunidad científica (CORNEJO, 2000). Es decir, el estudiante toma conciencia de la “tradicción de investigación” a la que pertenece, definida como un conjunto de creencias y de normas epistémicas y metodológicas acerca de cómo se debe investigar en un dominio determinado, cómo se deben poner a prueba las teorías o cómo recabar datos (TOULMIN, 1977; LAUDAN, 1993).

⁷ Por supuesto, como toda “tradicción de investigación” se halla históricamente construida, esta separación entre el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación no es en ninguna forma absoluta.

Coincidimos con Reichenbach (1938) al considerar que es en este contexto donde se aplican los conceptos epistemológicos, mientras que el contexto de descubrimiento se corresponde más estrechamente con los campos de la psicología y la sociología⁷ (GIERE, 1992). Podemos relacionar estas ideas con la expresión *reconstrucción racional* empleada por Reichenbach. Al respecto Lakatos (1979) afirma lo siguiente: Para realizar el estudio de un caso histórico se debe, creo, adoptar el siguiente procedimiento: 1. efectuar una reconstrucción racional, 2. intentar cotejar esa reconstrucción racional con la historia real y criticar tanto la reconstrucción racional por falta de historicidad como la historia real por falta de racionalidad. De esta manera, todo estudio histórico debe ser precedido de un estudio heurístico: la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega⁸. Lakatos argumenta que el análisis de un caso histórico debe efectuarse combinando una reconstrucción racional con los aspectos históricos asociados, criticando la falta de historicidad de la primera y la carencia de racionalidad de los segundos. La combinación de ambos métodos, es decir el entrelazamiento de los contextos de descubrimiento y de justificación, tal como se propone en este trabajo, es un camino que Lakatos considera fértil.

Sub-contexto didáctico: Consideramos que el aprendizaje comprensivo se produce cuando el desarrollo conceptual, formal y fáctico de una teoría física se encara integralmente. Ello implica, para cada trabajo de laboratorio particular: aproximarse cualitativamente al problema desde diversas perspectivas, seleccionar el sistema a estudiar, modelizar adecuadamente la situación elegida, formular hipótesis, contrastar empíricamente las relaciones asociadas con el fenómeno estudiado, analizar e interpretar colectivamente los resultados tomando en cuenta los errores experimentales y expresar en forma escrita y oral el trabajo realizado, siguiendo el estilo establecido para la comunicación de informes científicos.

Contexto de aplicación: Para una adecuada apropiación del conocimiento es conveniente promover la transformación y aplicación instrumental del conocimiento científico. Los estudiantes que han elegido la carrera de Ingeniería presentan una marcada inclinación hacia el conocimiento tecnológico. La eventual presencia de dicha forma de conocimiento, en las materias iniciales, es una característica positivamente valorada. Si bien el conocimiento científico y el tecnológico poseen características diferenciales y no deben ser confundidos, en el contexto de aplicación puede realizarse un trabajo de integración entre ambos estilos de conocimiento (SPELTINI e CORNEJO, 2005).

Sobre la base de estas consideraciones, los autores del presente trabajo comenzamos a diseñar e implementar una innovación didáctica consistente en la elaboración, aplicación y análisis de trabajos prácticos contextualizados (TPC) para cursos de Física básica de carreras de Ingeniería. Describimos, a continuación, algunos aspectos de la innovación, su aplicación en un curso de Física I y los resultados iniciales de una encuesta que diseñamos y aplicamos para conocer la opinión de los estudiantes acerca de la adecuación de la propuesta.

⁸ Traducción de los autores.

Desarrollo de la innovación

Los trabajos prácticos contextualizados (**TPC**) tuvieron carácter obligatorio y grupal. Se efectuaron a posteriori del desarrollo teórico del tema de enseñanza y previamente a su acreditación final por medio de un examen parcial. De acuerdo con su misma naturaleza, los **TPC** permiten integrar contenidos teóricos, empíricos, organizativos y comunicativos, ya que requieren de parte de los estudiantes: búsqueda y análisis bibliográfico, establecimiento de planes de trabajo y de mediciones en el laboratorio, análisis de datos, explicitación de modelos físicos y de criterios de validación, diversos niveles de aplicación, control del funcionamiento del equipo de trabajo, aplicación de distintas técnicas de comunicación escrita y oral etc.

La innovación se implementó durante tres cuatrimestres en un curso de Física I constituido por aproximadamente setenta estudiantes, en cada oportunidad, de distintas orientaciones de Ingeniería. Los **TPC** se realizaron en grupos de cuatro o cinco alumnos que recibieron las consignas por escrito y diversos apoyos didácticos⁹ por parte del equipo docente. El tiempo de clase empleado para realizar cada **TPC** fue de ocho horas. El tiempo de trabajo extraclase fue el triple que el tiempo de clase, según comentaron los estudiantes.

Se efectuaron **TPC** de los siguientes temas:

- Estudio de un péndulo ideal
- Movimientos en un plano inclinado
- Dinámica del resorte simple y acoplado
- Péndulo balístico
- Superficies sin rozamiento
- Propagación del sonido

En el “Apéndice” presentamos un ejemplo de las consignas entregadas a los estudiantes, las que debieron tener en cuenta para el desarrollo y realización de uno de los mencionados **TPC**.

Resultados

Los resultados que informamos a continuación comprenden, por un lado, la opinión de los estudiantes, recabada mediante una encuesta escrita y, además, una reflexión crítica de la experiencia didáctica efectuada por los mismos docentes del curso.

Opinión de los estudiantes

Con el propósito de conocer la opinión de los estudiantes respecto a la presencia de ciertos aspectos que consideramos relevantes del trabajo científico, y a la pertinencia de las innovaciones instrumentadas, se elaboró y aplicó una encuesta escrita. Dicha encuesta se centró esencialmente en la comparación entre los trabajos prácticos de laboratorio tradicionales y los **TPC**. La misma se aplicó un único cuatrimestre, a un grupo de sesenta y cinco estudiantes.

⁹ El apoyo didáctico consistió en: clases de consultas, orientación bibliográfica, material impreso etc.

Los alumnos debían responder afirmativa o negativamente a un conjunto de preguntas referidas a las categorías indicadas en el siguiente cuadro, para cada estilo de trabajo experimental. La opción no era taxativa, es decir, algunos estudiantes valoraron positivamente ambos estilos de actividad, dando como resultado los porcentajes indicados:

Categoría	TP tradicional	TPC
<i>Interés de las situaciones problemáticas</i> ¹⁰	43%	69%
<i>Aproximación cualitativa al problema</i>	62%	62%
<i>Modelización de la situación</i>	61%	73%
<i>Análisis e interpretación de resultados</i>	70%	66%
<i>Utilidad de la contextualización histórica</i>	9%	44%
<i>Utilidad de la contextualización epistemológica</i>	26%	53%
<i>Utilidad de la contextualización tecnológica</i>	44%	56%

Un primer análisis comparativo de las respuestas permite observar que los estudiantes valoran la innovación realizada. Es interesante destacar que la contextualización histórica es la que presenta mayor diferenciación entre ambos estilos de trabajo en el laboratorio. Sin embargo, puede notarse que las categorías referidas a la *aproximación, modelización y análisis de resultados* arrojan porcentajes similares para ambos estilos de trabajo. Esto indica que los estudiantes reconocen la presencia de tales categorías en las dos formas de encarar la realización de los trabajos prácticos.

Reflexión crítica realizada por los docentes participantes

El equipo docente analizó críticamente la innovación didáctica, al finalizar cada uno de los tres cuatrimestres, obteniéndose las siguientes conclusiones:

I. El contexto de descubrimiento despertó gran interés en los estudiantes, hecho que se manifestó en la riqueza con que se desarrolló este apartado en los informes y en las argumentaciones utilizadas durante las discusiones grupales desarrolladas en clase.

II. El énfasis puesto en las cuestiones asociadas con la historia social y política (historia externa), hizo que se descuidara la profundización en la historia interna de los conceptos científicos estudiados.

III. Enfrentados con el problema físico, los estudiantes debieron identificar, clasificar y elaborar hipótesis que, aún en forma provisional, pudieran servir como explicación o interpretación del fenómeno. Esta tarea presentó muchas dificultades, no sólo para su comprensión, sino también para su implementación. Se observó que es necesario graduar más lentamente las dificultades para que los estudiantes puedan reconocer y clasificar hipótesis.

¹⁰ Como puede observarse, la suma los porcentajes supera el 100%, hecho debido a la posibilidad mencionada de valorar positivamente ambos estilos de trabajo.

IV. El contexto de aplicación es relevante en la enseñanza de la Ingeniería, sin embargo no ha sido tratado con la profundidad adecuada en los informes ya que los estudiantes, en general, presentaron aplicaciones convencionales y no alcanzaron a evaluar su utilidad en la comprensión de problemas vinculados a los otros contextos. Consideramos que, tratándose de actividades para estudiantes de ingeniería, la relación entre ciencia y tecnología debería estar presente desde el contexto de descubrimiento y permear el conjunto de los contextos. Esto ha dado lugar a una línea de trabajo en la que se centró el trabajo práctico en el hacer tecnológico (SPELTINI e CORNEJO, 2005).

V. Durante el desarrollo de los **TPC** se han introducido nuevas dimensiones de análisis y revisión de las existentes, se han enriquecido y complejizado los elementos conocidos, por abordajes y ejemplificaciones desde visiones algunas veces excluidas.

VI. Los **TPC** demandaron y consiguieron, por parte de los estudiantes, mayor cuidado en la estructuración del informe, de acuerdo con el estilo de comunicación en ciencias.

VII. Cuando se diseñan **TPC**, es necesario formular consignas breves, pues se detectó que las consignas muy extensas dificultaban la realización de los informes.

VIII. Los estudiantes valoraron positivamente la tarea propuesta por los **TPC**. Este hecho se reflejó en la responsabilidad asumida durante el trabajo de laboratorio, en la calidad de los informes presentados y en las opiniones volcadas en la encuesta de opinión.

El nuevo enfoque en la implementación de los trabajos experimentales amplía la lógica disciplinar de la enseñanza de la Física al integrar las perspectivas histórica, epistemológica, didáctica y tecnológica. Pero consideramos que para lograr un efecto profundo y más perdurable en el aprendizaje de los estudiantes, habría que aplicar la contextualización en otras actividades curriculares del curso tales como clases teóricas y de problemas.

Conclusiones

Desde un enfoque institucional, pensamos que la realización sistemática de **TPC** requeriría una organización y secuenciación curricular diferente, pues con la actual:

- Se dificultó la integración de los contenidos trabajados en los **TPC** con los contenidos desarrollados en las clases teóricas y de problemas para la misma época en cada uno de los cuatrimestres que aplicamos la innovación.

- Las tareas propuestas resultaron muy extensas con relación al tiempo asignado institucionalmente para el desarrollo de actividades experimentales en la materia.

- Se requiere una relación docente/alumno mayor a la que la institución asignó al curso durante los tres cuatrimestres en que se aplicó la innovación¹¹.

¹¹ La relación docente/alumno con la que se trabajó fue de un docente cada quince o veinte estudiantes aproximadamente.

Consideramos que los resultados del estudio se adecuan a los objetivos buscados. La posibilidad de generalizarlos a otras situaciones requeriría contemplar las consideraciones planteadas previamente. Por último, creemos que la efectividad de una innovación está especialmente relacionada con la posibilidad de establecer un acuerdo significativo y explícito dentro del equipo docente que la coordina.

Referências

BACHELARD, G. **El compromiso racionalista**. México: Siglo Veintiuno editores, 1991.

BOIDO, G. **Noticias del siglo XX: Galileo Galilei y la Revolución Científica**. Buenos Aires: A-Z Editora, 1996.

CARNAP, R. **Fundamentación lógica de la Física**. Barcelona: Hyspamérica, 1988.

CORNEJO, J. Sobre la estructura lógica de la Física – una propuesta de trabajo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 2, p. 333-342, 2000.

CORNEJO, J.; SPELTINI, C.; IGLESIAS, A. I. Una aplicación de los contextos de Reichenbach en los trabajos prácticos de laboratorio. In: CONGRESO DE EDUCADORES DEL MERCOSUR, 1., 2004. **Proceedings ...**, 2004. publicado en CD.

DIAZ, E.; RIVERA, S. Algunas consideraciones para una ética aplicada a la investigación científica. Disponible em: <http://www.estherdiaz.com.ar/textos/etica_investigacion.htm>, 2004.

CHEVALARD, Y. **La transposición didáctica**. Buenos Aires: Aique, 1997.

GIERE, R. **La explicación de la ciencia – un acercamiento cognoscitivo**. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.

HEMPEL, C. G. **Filosofía de la ciencia natural**. Madrid: Alianza editorial, 1970.

HODSON, D. Assessment of Practical Work. Some considerations in Philosophy of Science. **Science & Education**, v. 1, p. 115-144, 1992.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOLBROW, C. H. Archaeology of a bookstack: some major introductory physics texts of the last 150 years. **Physics Today**, p. 50-56, march 1999.

KLIMOVSKY, G. **Las desventuras del conocimiento científico**. Buenos Aires: A-Z Editora, 2001.

KOYRÉ, A. **Estudios de historia del pensamiento científico**. México: Siglo veintiuno editores, 1995.

KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Fondo de Cultura Económica, 1995.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A (comp.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

LAUDAN, L. Un enfoque de solución de problemas al progreso científico. In: HACKING, I. (comp.) **Revoluciones científicas**. México: Fondo de Cultura Económica, 1993.

LITWIN, E. **Las configuraciones didácticas**. Una nueva agenda para la enseñanza superior. Buenos Aires: Paidós educador, 1997.

LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D.; BERNAL MARTÍNEZ, M. Innovaciones didácticas en los libros de texto de Física y Química para la educación secundaria en España durante el primer tercio del siglo XX. In: GUEREÑA, J. L.; OSSENBACH, G.; DEL MAR DEL POZO, M. (comp.). **Manuales escolares en España, Portugal y América Latina (siglos XIX y XX)**. Madrid: UNED, 2005.

MILLIKAN, R. A. **Mechanics, molecular Physics and heat**. Chicago: Foresman, 1902.

REICHENBACH, H. **Experience and prediction: an análisis for the foundations and the structure of knowledge**. Chicago: University of Chicago, 1938.

RUSSELL, B. **El conocimiento humano**. Buenos Aires: Ediciones Orbis, 1983.

SALINAS, J. **Las prácticas de Física básica en laboratorios universitarios**. Espanha, 1994. Tesis (Doctoral) - Universitat de Valencia.

SPELTINI, C.; CORNEJO, J. Actividades tecnológicas en la formación básica del ingeniero. **Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería**, (en prensa), 2005.

STINNER, A. The teaching of Physics and the contexts of inquiry: from Aristotle to Einstein. **Science Education**, v. 73, n. 5, p. 591-605, 1989.

TOULMIN, S. **La comprensión humana**. Madrid: Alianza, 1977.

WHITE, R. The link between the laboratory and learning. **Int.J.Sci.Educ.**,v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

Apéndice

TRABAJO PRACTICO CONTEXTUALIZADO:

ESTUDIO DE UN PÉNDULO IDEAL

OBJETIVOS

Pretendemos que cada grupo logre:

1. Analizar aspectos complementarios a los que habitualmente guían el estudio teórico y experimental del tema "Péndulo ideal".
2. Comprender el contexto histórico en el que los conceptos explicativos acerca del tema fueron elaborados, y la influencia de tal contexto sobre la explicación científica.
3. Realizar un estudio teórico-analítico y empírico del "Péndulo ideal" integrando los contextos de descubrimiento, de justificación y de aplicación.
4. Presentar un informe escrito de acuerdo con el modelo de los informes científicos.

Observaciones

El equipo docente guiará a los grupos durante la realización del **TPC**. También evaluará la participación individual, durante las actividades de laboratorio, y la producción grupal, por medio del "Informe". Éste, deberá alcanzar la calificación de "Aprobado" (luego de la primera o segunda corrección), para que cada participante se encuentre en condiciones de rendir el primer examen parcial.

Juntamente con esta guía se entregan a los estudiantes extractos de los siguientes textos:

Noticias del Planeta Tierra - Galileo Galilei y la Revolución Científica (Boido, 1996)

Filosofía de la Ciencia Natural (Hempel, 1970)

El conocimiento humano (Bertrand Russell, 1984)

DESARROLLO

CONTEXTO DE DESCUBRIMIENTO

Analicen e interpreten las siguientes cuestiones, a partir de la lectura crítica de los textos entregados y los sugeridos en la bibliografía.

- a. ¿Cómo caracterizarían la historia social, política, científica y religiosa europea, entre 1550 y 1650?
- b. Analicen cómo esas características pueden haber influenciado en el desarrollo de la "nueva ciencia renacentista".
- c. ¿Qué aspectos de la vida de Galileo Galilei consideran más influyentes y perdurables en los modos actuales de enseñar y aprender Física?
- d. ¿Qué lugar parece haber asignado Galileo Galilei a la experimentación, la geometría y el lenguaje matemático en sus estudios mecánicos?
- e. ¿Cómo introduce, por primera vez en la historia de la mecánica, la noción de inercia? ¿Qué importancia tiene este concepto para el desarrollo de la Física?
- f. Términos tales como: *fuerza*, *masa*, *velocidad* y *aceleración*, ¿encuentran en la obra de Galileo el mismo significado que el que se les asigna en la actualidad? ¿Se encuentran tales conceptos definidos en forma precisa?
- g. ¿Cómo aplica Galileo la descomposición de fuerzas para explicar el comportamiento del péndulo? Estudien en el texto adjunto la significación filosófica que Bertrand Russell (1984) asignó a la *regla del paralelogramo*.

CONTEXTO DE JUSTIFICACIÓN

1. Les pedimos que, durante la realización del experimento del péndulo, tomen nota cuidadosa de todas las hipótesis, hechos y datos involucrados en el mismo, a saber:

- a. las teorías presupuestas (constituyen el marco teórico en el que se desarrolla el “estudio”),
- b. las hipótesis físicas fundamentales con las que vamos a trabajar,
- c. las hipótesis relativas a los instrumentos y al material de trabajo empleados en la medición,
- d. los datos observacionales (constituyen el material empírico básico que interviene en el estudio).

2. Sub-contexto didáctico

- a. Establezcan el sistema en estudio. Definan detalladamente el modelo seleccionado para el estudio del péndulo ideal.
- b. Estudien y contrasten empíricamente las leyes que rigen el movimiento del péndulo ideal, en el marco del modelo dinámico de la partícula.
- c. Determinen el valor de la aceleración de la gravedad en la Facultad, con un error relativo $\leq 2\%$.
- d. Las discrepancias entre las hipótesis del modelo y los resultados obtenidos en las mediciones, ¿qué características presentan?, ¿a qué se deben?

3. Ustedes recordarán que, como tarea, se les pidió que calcularan analíticamente el período del péndulo, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$. Tomemos este resultado como una hipótesis. Es claro que la misma satisface el requisito de contrastabilidad, pues la práctica consiste, efectivamente, en realizar una contrastación empírica de esta expresión. Ahora, discutan y respondan las siguientes preguntas:

¿Son los hechos aducidos en la explicación relevantes al objeto de la misma? (relevancia explicativa). ¿Se ha tenido en cuenta algún dato irrelevante? ¿Se ha pasado por alto algún hecho que debería ser tomado en cuenta? ¿Se la puede considerar como una verdadera hipótesis científica o como una mera *generalización accidental*?

4. Ustedes ya han tomado nota de todas las hipótesis que emplearon en la realización del experimento. Ahora les pedimos que las clasifiquen en: fundamentales, derivadas y ad-hoc. Muestran como las hipótesis fundamentales ideadas conducen, por la vía de las hipótesis derivadas, a una o varias implicaciones contrastadoras.

CONTEXTO DE APLICACIÓN

En este trabajo llamamos “contexto de aplicación” al conjunto de aplicaciones del péndulo en:

- a. Otros modelos físicos diferentes a la dinámica del punto material.
- b. Desarrollos tecnológicos.
- c. Objetos de uso cotidiano.

Les pedimos que encuentren y desarrollen algunos ejemplos correspondientes a cada uno de los conjuntos mencionados.