

Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación

Elisabeth Barolli¹, Carlos Eduardo Laburú² y Verónica Marcela Guridi³

¹Facultad de Educación, Universidad de Campinas, Brasil. E-mail: ebarolli@unicamp.br. ²Departamento de Física, Universidad Estadual de Londrina, Brasil. Email: laburu@uel.br. ³Escuela de Artes, Ciencias y Humanidades, Universidad de San Pablo, Brasil. Email: veguridi@usp.br.

Resumen: En este trabajo intentamos ofrecer un panorama acerca de los principales temas que la extensa bibliografía con respecto al laboratorio didáctico de ciencias viene discutiendo desde hace décadas. Al realizar un estudio sobre cerca de cincuenta trabajos, especialmente aquellos publicados en revistas especializadas en el área de enseñanza de ciencias, constatamos una tendencia bastante marcada en la cual el laboratorio es abordado por medio de un enfoque centrado en cuestiones de naturaleza metodológica. Al mismo tiempo, observamos que a partir de la década de los noventa aparece de forma más explícita otro enfoque de investigación que busca producir un conocimiento más específico sobre aquello que se realiza en el laboratorio desde el punto de vista del aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: laboratorio didáctico, enseñanza y aprendizaje de ciencias, medidas, obtención e interpretación de datos experimentales.

Title: Didactic laboratory of sciences: research paths.

Abstract: In this work, we attempt to show a panoramic view about the most important topics discussed in the broad bibliography related to didactic laboratory since the last three decades. Through a study of about fifty papers, especially those published in specialized magazines in Science Teaching, we found a clear tendency in which laboratory is broached by a view that emphasizes methodological aspects. At the same time, we observe that – since the beginning of the ninety´s – another research approximation appears in a more explicit way. This approximation tries to produce a more specific knowledge about the specific work at didactic laboratory, from the point of view of the student's learning process.

Keywords: didactic laboratory, science teaching and learning, measurements, collect and interpretation of experimental data.

Introducción

Desde hace bastante tiempo, tanto profesores como investigadores, se vienen manifestando de diferentes maneras con relación a la utilización del laboratorio didáctico en la enseñanza de las ciencias. Si tomamos como referencia el discurso de los profesores, podemos afirmar que el laboratorio didáctico, especialmente como parte integrante de los cursos de Ciencias

Naturales, ya se constituyó en un paradigma bien establecido. En la investigación desarrollada por Schmidt (1995), por ejemplo, en la que fueron entrevistados profesores de enseñanza media y superior con el objetivo de identificar sus concepciones con respecto al laboratorio didáctico de Física, todos fueron unánimes al afirmar que el laboratorio es importante y fundamental en el proceso de enseñanza de esa ciencia. En esa misma investigación, a partir de los trabajos publicados en Brasil, en el período de 1972 a 1992, ya sea en la forma de artículos, tesis o disertaciones, podemos notar que las investigaciones en ese tema no solamente han recibido atención constante de los investigadores como presentan un salto cuantitativo a partir de la década de 80. A nivel internacional, diversas revistas bastante prestigiosas en el área de enseñanza de ciencias publican con frecuencia relativamente alta artículos que traen resultados de investigaciones sobre el laboratorio.

Sin embargo, no es solamente en las publicaciones y en los discursos de los profesores que el laboratorio conquistó un espacio. Aunque de forma precaria, prácticamente todos los cursos de Ciencias Exactas y biomédicas procuran ofrecer clases de laboratorio, concretizando de alguna forma la visión de que solamente clases teóricas no son suficientes para la formación de los estudiantes de esas carreras.

De esa manera, entre las preocupaciones de profesores e investigadores está el desarrollo de metodologías y estrategias adecuadas para un curso cuyo énfasis son los trabajos prácticos de laboratorio y no los de lápiz y papel. En la literatura podemos encontrar muchos elementos que permiten fundamentar la elaboración de tales metodologías y estrategias. Esos subsidios se revelan, sobre todo, por medio del debate entre los investigadores en torno del papel del laboratorio didáctico, ya que gran parte de la producción presente en la literatura especializada ha priorizado un recorte de investigación de naturaleza metodológica.

Junto con esa amplia producción, se encuentra otro conjunto de trabajos que estudia las representaciones de los estudiantes referentes a la interpretación de los datos experimentales, con el objetivo de identificar factores que influyen en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el laboratorio didáctico. Aunque en nuestra opinión esos trabajos representen un avance significativo para las investigaciones que se preocupan con el laboratorio didáctico y con la enseñanza de las ciencias de un modo general, ellos investigan una dimensión de los trabajos prácticos que se encuentra aún poco explorada.

Acompañando algunos de los principales temas focalizados especialmente en la literatura nacional e internacional a lo largo de los últimos 40 años aproximadamente, el trabajo que presentamos aquí pretende ofrecer un panorama de la trayectoria seguida por la producción académica en torno del laboratorio didáctico. Comenzamos explicitando el debate en torno de las funciones atribuidas al laboratorio, procurando dar visibilidad a los argumentos y presupuestos que fundamentan las diferentes visiones sobre los trabajos prácticos. Esos presupuestos, como veremos, están relacionados con la manera por la cual se comprenden los procesos de construcción del conocimiento en la ciencia, bien como los procesos de enseñanza y aprendizaje. Finalmente, destacamos la relevancia de los

trabajos que se preocupan por producir un conocimiento más específico sobre aquello que se realiza en el laboratorio desde el punto de vista del aprendizaje de los estudiantes, con el objetivo de problematizar y tornar más productiva la discusión en torno del tema.

La muestra de trabajos utilizados para realizar la revisión no pretende ser exhaustiva, inclusive porque el número de trabajos sobre laboratorio es muy grande, y la tarea de análisis se tornaría prácticamente imposible. Consecuentemente, hemos seleccionado una muestra intencional de trabajos y autores, muchos de los cuales son considerados referentes importantes en el área de enseñanza de las ciencias.

El laboratorio didáctico y sus controvertidas funciones

Laboratorio como medio de explorar la relación entre Física y realidad

Realizados hace casi medio siglo, los trabajos de Nedelsky (1958) y de Michels (1962), ya manifestaban preocupación por discutir y delimitar los objetivos del laboratorio didáctico, en especial el de Física. En su trabajo, Nedelsky argumenta a favor de un laboratorio cuyo objetivo central sería el de permitir a los estudiantes explorar los diferentes aspectos de la relación entre Física y realidad, o sea, entre la descripción física de la naturaleza y la propia naturaleza. En esa propuesta, una visión empirista del conocimiento fundamentaba la educación científica.

A partir de ese presupuesto básico, Nedelsky comprende el laboratorio como un proceso de investigación, donde deberían estar contemplados básicamente los siguientes aspectos: planificación de experimentos, previsión de resultados y confrontación entre los resultados obtenidos y los esperados.

Esa perspectiva nunca se perdió de vista, ya que ella es recurrente en muchos trabajos producidos a lo largo de la historia de la enseñanza de las ciencias. En los años setenta, por ejemplo, esa visión es retomada en un trabajo de Schwab (*apud* Trumper, 2003) que enfatiza el auto-descubrimiento como estrategia de enseñanza para el laboratorio. Otro ejemplo es el trabajo de Giuseppin (1996) que, al organizar y clasificar los diferentes tipos de actividades experimentales (tanto aquellas realizadas por el profesor a título de demostración como aquellas realizadas por los propios alumnos), de acuerdo con sus funciones, potencialidades y limitaciones, revela una función para el laboratorio bastante compatible con aquella propuesta por Nedelsky. Con respecto a las actividades demostrativas en particular, el autor considera que ellas poseen básicamente cuatro características: a) permitir una primera aproximación cualitativa al concepto en estudio, b) sorprender al estudiante para motivarlo a proponer hipótesis explicativas, c) ilustrar la articulación entre leyes y observaciones experimentales y d) realizar experimentos que por un motivo u otro no podrían ser realizados por todos los alumnos. Las actividades propuestas a los estudiantes, a su vez, fueron organizadas en tres categorías: aquellas destinadas a verificar un modelo, las que exploran un modelo y las que permiten construir y estructurar un modelo.

De esa manera, de acuerdo con los propósitos atribuidos por Giuseppin (1996) a esos tipos de actividades, podemos inferir que el laboratorio está

siendo interpretado como un espacio privilegiado para que el estudiante trabaje la relación entre experimento y teoría, especialmente en el caso de las actividades propuestas para los alumnos, cuyo énfasis reside en la consolidación de un modelo, de una ley o inclusive en la explicitación de esa relación.

En la tabla 1, sintetizamos las principales contribuciones de cada uno de los trabajos citados.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Nedelsky (1958) Michels (1962)	Argumenta a favor de un laboratorio que permita que los estudiantes exploren los diferentes aspectos de la relación entre Física y realidad.
Schwab (<i>apud</i> Trumper, 2003)	Enfatiza el auto-descubrimiento como estrategia de enseñanza en el laboratorio.
Giusseppin (1996)	Organiza y clasifica los diferentes tipos de actividades experimentales de acuerdo con sus funciones, potencialidades y limitaciones.

Tabla 1.- Síntesis de los trabajos que abordan el laboratorio como medio de explorar la relación entre Física y realidad.

Laboratorio como estrategia para el desarrollo de conceptos y habilidades procedimentales

Con relación a las propuestas de Nedelsky, cabe destacar que en su visión, la comprensión de conceptos por medio de la experimentación, las habilidades en el manejo de instrumentos, el desarrollo de actitudes (clasificación, generalización, etc.) estarían colocados como objetos auxiliares, a los cuales un curso de laboratorio jamás debería dedicarse exclusivamente, inclusive porque estarían implícitos en aquel objetivo que él considera más general.

Sin embargo, en contrapartida, muchos investigadores atribuyen al laboratorio la función de desarrollar en los estudiantes esas habilidades. Tamir (1989), por ejemplo, considera que en Inglaterra, donde siempre los trabajos prácticos ocuparon un lugar importante en la educación científica, se observó que muchas escuelas de enseñanza media fallaron en el desarrollo de competencias prácticas básicas, tales como observación, estimación de órdenes de magnitud y establecimiento de inferencias.

En ese mismo artículo, Tamir se refiere a otros investigadores, en particular a Woolnough y Allsop (1985), que afirmaron que una de las razones que permiten comprender esa falla reside en la utilización de los trabajos prácticos con finalidades que no les son adecuadas, como por ejemplo, la enseñanza de conceptos teóricos, en vez de focalizar los objetivos reales de los trabajos prácticos, como por ejemplo, los relativos al desarrollo de habilidades procedimentales, o sea, al desarrollo de un "feeling" para los fenómenos naturales y la resolución de problemas. De ese modo, según estos investigadores el laboratorio sería concebido con base en los procesos propios de la ciencia.

No obstante, Driver y Millar, en una publicación de 1987, ya explicitaban una visión que, de cierta forma, es contraria a la visión del laboratorio como

un medio para el desarrollo de capacidades básicas. Para esos investigadores, las habilidades generales no se enseñan, porque observar, clasificar, hipotetizar, deducir, generalizar o coordinar parte-todo son aspectos de nuestro funcionamiento cognitivo general, desarrollado en la infancia. De acuerdo con Millar y Driver (1987), las tareas procedimentales no son independientes del contenido y del contexto y, además, dependen del repertorio individual que el estudiante posee. Argumentan, por ejemplo, que aprender a observar no es exactamente cuestión de habilidad visual (o de otro sentido), porque eso involucra la toma de decisiones sobre cuáles son las características relevantes y cuáles pueden ser ignoradas. Consecuentemente, no vendría al caso enseñar a observar como una estrategia general, pero sí dentro de un contenido y de un contexto específicos (observar científicamente), porque es el conocimiento en un campo particular de estudio el que guía el proceso observacional. Aprender a observar en esas circunstancias exigiría, por lo tanto, informaciones específicas en dominios particulares de conocimiento.

Como en el caso del apartado anterior, la tabla 2 muestra una síntesis de los trabajos, con las contribuciones más relevantes de cada uno.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Tamir (1989)	Enfatiza la importancia de que el laboratorio desarrolle la enseñanza de aptitudes prácticas básicas, como observación, estimación de órdenes de magnitud y establecimiento de inferencias.
Woolnogh y Allsop (1985)	Focaliza los objetivos de los trabajos prácticos en términos del desarrollo de un "feeling" para los fenómenos naturales y la resolución de problemas.
Driver y Millar (1987)	Las tareas procedimentales dependen del contexto y del contenido. Aprender a observar, por ejemplo, exige informaciones específicas en dominios particulares de conocimiento.

Tabla 2.- Síntesis de los trabajos que abordan el laboratorio como estrategia para el desarrollo de conceptos y habilidades procedimentales.

Laboratorio como ambiente para problematizar diferentes dominios de conocimiento.

Solomon (1988) aprovecha esas consideraciones de Driver y Millar para problematizar la utilización de la experimentación como herramienta conceptual para la enseñanza de las ciencias. En ese trabajo, la investigadora reafirma la idea de que el laboratorio no es un medio para la enseñanza de tareas procedimentales. Ella va más allá al afirmar que el proceso de aprendizaje tiene su inicio cuando se unen dos aspectos de un mismo fenómeno: el lenguaje utilizado en su descripción y la percepción del fenómeno. De esa forma, el concepto de corriente eléctrica como haz de electrones, por ejemplo, sería elaborado por la convergencia entre el significado de la palabra y la percepción en la práctica.

La cuestión del lenguaje, para Solomon, ocupa una posición bastante importante en el proceso de aprendizaje, inclusive porque es capaz de definir dominios de conocimiento distintos (científico y no científico). En ese

sentido, si admitimos que los contextos o situaciones familiares a los estudiantes, presentes en el dominio de su vivencia, ya poseen una identificación con el lenguaje no científico, sería de esperar que al reconocer situaciones similares en el dominio científico, el estudiante utilizase las mismas explicaciones ya utilizadas en el dominio no científico.

Con la intención de facilitar el aprendizaje en el dominio científico, la autora propone que el estudiante trabaje con contextos prácticos totalmente nuevos, particularmente cuando el objetivo es el de ilustrar un nuevo concepto. Inclusive considera que, para que el trabajo práctico sea "convinciente", es necesario también que el estudiante se comporte como un "experimentador participativo", haciendo un paralelo con los grandes experimentos del pasado que, según la autora, fueron realizados dentro de un espíritu participativo entre científicos.

En los trabajos mencionados hasta aquí, ya podemos identificar algunos de los objetivos atribuidos al laboratorio por los investigadores, tales como enseñar habilidades básicas, enseñar conceptos teóricos, desarrollar actitudes científicas, como un "feeling" para el tratamiento de los fenómenos, e incentivar el desarrollo de un espíritu de investigación científica para la resolución de problemas.

Laboratorio como lugar privilegiado para el trabajo en equipo

El laboratorio es reconocido también por los investigadores y profesores como un lugar donde los estudiantes trabajan en grupos. Además, el contexto del aprendizaje en el laboratorio didáctico está generalmente asociado a una situación de enseñanza en la cual los estudiantes se encuentran reunidos en grupos. Aunque esa configuración sea circunstancial, inclusive por el hecho de que no existen equipamientos experimentales disponibles para todos los alumnos, es de esa forma que el laboratorio se configura desde hace mucho tiempo. Si bien esa forma de trabajo también es utilizada en las clases teóricas, en el laboratorio ella es predominante. Esa predominancia se fundamenta en la creencia de que la disposición de los alumnos en grupos facilita el aprendizaje. Tamir (1989) destaca que la enseñanza en el laboratorio no es única solamente por sus características de trabajo práctico, sino también porque es realizado dentro de un escenario (*setting*) social, adecuado para un aprendizaje cooperativo. Kirschner (1992) considera que el trabajo en grupos, por el hecho de favorecer la discusión, es una ocasión perfecta para el desarrollo y la práctica de habilidades intelectuales bien como para promover la conceptualización y la profundización de la comprensión de los estudiantes. Señala también que, al estar en grupos, los estudiantes trabajan de forma más cooperativa en la discusión y en la búsqueda de soluciones para los problemas, lo que contribuye para que los trabajos prácticos sean un medio adecuado para que los estudiantes aprendan el mecanismo del abordaje académico con el cual trabajan los científicos. Kirschner reafirma inclusive la visión de otros investigadores (Brown et al., 1989), que consideran que el trabajo cooperativo en los grupos potencializa la sinergia de los "insights" y de las soluciones que no serían posibles durante el aprendizaje individual, permite que los estudiantes asuman diferentes papeles, confronta a los estudiantes con sus conocimientos previos y con la inadecuación de sus estrategias y ayuda a desarrollar habilidades necesarias para el trabajo

cooperativo, que es la manera por la cual la mayoría de las personas aprende y trabaja.

Sin embargo, el trabajo de Barolli (1998) cuestiona muchas de las certezas de esos investigadores acerca del trabajo en grupo en el laboratorio didáctico. En su trabajo, la investigadora analiza la dinámica de trabajo de algunos grupos de estudiantes en un laboratorio didáctico de Física de la enseñanza superior, con base en elementos que se encontraban más allá del campo de la cognición. El resultado más significativo de su investigación es que, en general, trabajar en grupo en las situaciones de aprendizaje no es una opción que garantice el éxito en el aprendizaje. La conducción y la sustentación de la dinámica de los grupos de estudiantes en el laboratorio, desde el punto de vista de la construcción de propio contexto experimental, parecen estar sometidas a un interjuego sobre el cual se estructura un grupo: por un lado, las estrategias no conscientes, compartidas anónimamente, y por otro, los objetivos conscientes, intenciones y esfuerzos de los individuos para trabajar a partir de su tarea más objetiva. Es precisamente ese interjuego el que torna la dinámica de los grupos de aprendizaje un proceso sobre el cual no se puede tener certeza "a priori" sobre la manera en que la tarea propuesta será desempeñada. La constitución de un grupo de trabajo, cuya dinámica es orientada sobre todo por la tarea objetiva, se mostró dependiente de una didáctica capaz de favorecer esa condición.

La tabla 3 sintetiza las contribuciones más relevantes de los trabajos mencionados en los párrafos anteriores.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Tamir (1989)	La enseñanza en el laboratorio se realiza en un determinado <i>setting</i> social adecuado para el trabajo cooperativo.
Kirschner (1992)	El trabajo en grupos es una ocasión ideal para el desarrollo y la práctica de habilidades intelectuales y para la aproximación de los estudiantes con un trabajo científico.
Brown et al. (1991)	El trabajo cooperativo potencializa las sinergias de los "insights" y de las soluciones que no serían posibles a través de un trabajo individual.
Barolli (1998)	Trabajar en grupo no es garantía de éxito en el aprendizaje de la ciencia. La constitución de un grupo de trabajo depende de una didáctica capaz de favorecer una dinámica grupal que gire en torno de la tarea objetiva.

Tabla 3.- Síntesis de los trabajos que abordan el laboratorio como lugar privilegiado para el trabajo en equipo.

Laboratorio didáctico como estrategia motivadora para la enseñanza de las ciencias

También en el ámbito de esas investigaciones, cabe destacar el caso de las que buscan identificar las dimensiones del interés de los sujetos en la participación en actividades experimentales (Martines y Haertel, 1991); aquellas que, a partir de una fundamentación teórica de la Psicología de la Motivación (Bzuneck, 2001), buscan concebir experimentos potencialmente cautivantes (Laburú, 2006) o aquellas que analizan, desde el punto de vista

de las actitudes de los estudiantes, la diferencia entre un estilo de instrucción abierto y cuestionador, apoyado en la experimentación, y un estilo expositivo (Berg et al., 2003). La tabla 4 realiza una síntesis de los trabajos comentados anteriormente.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Martines y Haertel, (1991)	Buscan identificar las dimensiones del interés de los sujetos en la participación en actividades experimentales.
Bzuneck, (2001)	Buscan concebir, a partir de una fundamentación teórica de la Psicología de la Motivación experimentos potencialmente cautivantes.
Berg et al., (2003).	Analizan, desde el punto de vista de las actitudes de los estudiantes, la diferencia entre un estilo de instrucción abierto y cuestionador, apoyado en la experimentación, y un estilo expositivo.
Laburú et al. (2006)	Intentan entender los motivos del reducido número de clases experimentales utilizadas por los profesores de la escuela básica brasilera con base en las relaciones que los sujetos mantienen consigo mismos, con los otros y con la construcción de conocimientos.

Tabla 4.- Síntesis de los trabajos que abordan el laboratorio como estrategia motivadora para la enseñanza de las ciencias.

Inclusive hay otros trabajos acerca del laboratorio que se proponen investigar aspectos que trascienden el campo de la cognición, focalizándose en aspectos subjetivos. Laburú et al. (2006), por ejemplo, buscan entender los motivos del reducido número de clases experimentales utilizadas por los profesores de la escuela básica brasilera, con base en una lectura de las proposiciones teóricas de Charlot (2000). De acuerdo con estos investigadores, los profesores, de modo general, justifican el hecho de no apoyar su planificación también en clases experimentales, por un habitual discurso de la "falta" de condiciones, o sea, por la indisponibilidad de materiales, por el número excesivo de alumnos en el aula, por la poca bibliografía para orientarlos, por la ausencia de técnicos de laboratorio, por el poco tiempo para la planificación y el montaje de actividades, entre otros. En la visión de esos investigadores ese discurso tiene diferentes relaciones subyacentes que los profesores establecen con el saber profesional y que involucran valores, pretensiones y necesidades de los sujetos. Más específicamente, el trabajo intentó comprender las relaciones que los sujetos mantienen consigo mismos, con los otros y con la construcción de conocimientos, que podrían justificar el empleo o no de actividades experimentales en la práctica docente. Estas relaciones, que son relaciones de deseos, como apunta Charlot (op. cit.), muestran que el discurso de la falta de condiciones es sólo aparente, pues la ausencia de actividades prácticas depende, por ejemplo, de la importancia que el profesor da a esta actividad para atraer la atención de su alumnado (relación con el otro), o del status social que el profesor ha dado a sí mismo en la escuela (relación consigo mismo) o, tal vez, la importancia que la empírea tiene para establecer la verdad de su materia enseñada o para la formación pedagógica de su alumno (relación con el mundo).

Laboratorio como ambiente cognitivo fértil para aprender ciencias

Haciendo un esfuerzo para conferir una cierta unidad y una sistematización a los diferentes objetivos que son propuestos para el laboratorio, algunos investigadores como Hodson (1996), por ejemplo, procuran organizar esa diversidad por medio de categorías más amplias que en esencia conciben al laboratorio como ambiente cognitivo fértil para el aprendizaje de ciencias. De ese modo, este investigador supone que las actividades prácticas pueden situarse en el ámbito de tres propósitos más generales y, al mismo tiempo, relacionados: a) ayudar a los estudiantes a aprender ciencias (adquisición y desarrollo de conocimiento conceptual y teórico); b) auxiliar a los estudiantes a aprender sobre ciencias (comprender cómo la ciencia interpreta la naturaleza, cuáles son los métodos de la ciencia, así como la interacción de la ciencia con la tecnología, la sociedad y las cuestiones ambientales) y c) contribuir para que los estudiantes aprendan a hacer ciencias (auxiliar a los estudiantes a trabajar a partir de una práctica investigativa).

Hodson supone que para garantizar la elaboración de buenos currículos y de una enseñanza eficaz, los profesores deberían tener claros los objetivos que se derivan de estos más generales, con la perspectiva de elaborar actividades adecuadas para abordar temas específicos. Aulas de laboratorio concebidas con la intención de dar a los estudiantes la oportunidad de planear y conducir su propia investigación, por ejemplo, pueden no ser muy adecuadas para la adquisición de un concepto particular. El autor critica, inclusive, la visión – que él llama “lineal” – de muchos investigadores y profesores, los cuales asumen la existencia de una secuencia de relaciones causales entre la naturaleza de la ciencia, la planificación de trabajos prácticos y el aprendizaje de los estudiantes. En otras palabras, el autor llama la atención para el hecho de que la enseñanza eficaz en contextos prácticos no es trivial y requiere habilidades específicas del profesor, diferentes de las clases teóricas.

La tabla 5 realiza una síntesis de los trabajos comentados en este apartado.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Hodson (1996)	Intenta organizar la diversidad de atribuciones del laboratorio didáctico por medio de categorías más amplias: ayudar a los estudiantes a aprender ciencias; a aprender sobre ciencias y aprender a hacer ciencias.
Hofstein y Lunetta (2004)	Investigan métodos alternativos de evaluación de los estudiantes, que sean más apropiados para las características pedagógicas del laboratorio.
Tsai (2003), Sebastiá (1987)	Procuran levantar las representaciones de los alumnos y docentes relativos al trabajo de laboratorio.
Richoux y Beaufiles (2003)	Comparan planificaciones de actividades prácticas realizadas por los profesores, identificando las razones que prevalecen en la elección de sus trabajos prácticos.

Tabla 5.- Síntesis de los trabajos que abordan el laboratorio como ambiente cognitivo fértil para aprender ciencias.

En Hofstein y Lunetta (2004) son investigados métodos alternativos de evaluación de los estudiantes que se muestren más apropiados para las características pedagógicas desarrolladas en ambiente de laboratorio. Se incluyen, inclusive, los que procuran levantar las representaciones de los alumnos y profesores con respecto a los propósitos del laboratorio (Tsai, 2003; Sebastián, 1987) y aquellos que comparan la planificación de actividades prácticas por parte de los profesores, investigando los elementos y las razones de orden pedagógica, institucional y científica que prevalecen en la elección de sus trabajos prácticos (Richoux y Beaufils, 2003).

Los objetivos del laboratorio didáctico en contrapartida a las visiones de ciencia y de aprendizaje

Con base en lo expuesto hasta aquí, observamos que el laboratorio didáctico es un tema que suscita muchas reflexiones y controversias sobre sus potencialidades y funciones, además de representar mucho más que una estrategia didáctica para los investigadores en el área de enseñanza de las ciencias. En nuestra visión, el papel del laboratorio en la enseñanza de las ciencias siempre será una cuestión polémica, inclusive porque la diferencia más radical entre las distintas concepciones que podemos encontrar en la literatura, reside tanto en las visiones de aprendizaje y del proceso de construcción del conocimiento, como en las posibilidades del laboratorio como instrumento de adquisición de conocimiento.

El trabajo de Salinas (1994), además de desarrollar y fundamentar una metodología alternativa para el laboratorio didáctico en la enseñanza superior, procura caracterizar las principales concepciones relativas al papel atribuido al laboratorio, revelando justamente los modelos teóricos de aprendizaje y los fundamentos epistemológicos subyacentes a esas concepciones. La autora identifica 5 visiones distintas, que a lo largo del tiempo guiaron y aún siguen guiando las prácticas de laboratorio. Son ellas:

Laboratorio como mera ilustración de la teoría (el estudiante es concebido como un sujeto pasivo, receptor del conocimiento del profesor, la concepción epistemológica es rígida y dogmática);

Laboratorio como estrategia de descubrimiento individual y autónomo (el estudiante es concebido como intuitivamente cuestionador, capaz de reconstruir el conocimiento científico de forma individual y autónoma a través de su interacción con el medio; el conocimiento científico es concebido como fruto de un proceso inductivo);

Laboratorio como entrenamiento en los procesos de la ciencia (supone que los procesos de la ciencia son generalizables a través de diferentes dominios de conocimiento y experiencia; en términos epistemológicos admite la existencia de un método científico como un conjunto de reglas o etapas);

Laboratorio como escenario de cuestionamiento de paradigmas (atribuye gran importancia a las concepciones espontáneas y al conflicto cognitivo; el trabajo científico es interpretado como una actividad de cambio conceptual);

Laboratorio como investigación colectiva orientada por situaciones problemáticas (admite un cierto isomorfismo entre los procesos de construcción social y el aprendizaje de la ciencia, llevando en consideración los estudios sobre ideas previas y cambio conceptual; la construcción del conocimiento es vista como una actividad que busca dar respuesta a situaciones problemáticas significativas y reconoce que la adquisición del conocimiento y la familiarización con la metodología científica son aspectos inseparables).

La caracterización efectuada por la autora nos permite inferir que hubo un cambio en el transcurso del tiempo, en lo que se refiere a los presupuestos que nortean las metodologías de trabajo en el laboratorio. Este cambio se revela como una nueva comprensión tanto del proceso de construcción del conocimiento científico como de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, consecuentemente, de las posibilidades del laboratorio como instrumento de adquisición del conocimiento.

Mientras las dos primeras se sustentan en una visión empírico-inductivista del conocimiento, las dos últimas buscan respetar los presupuestos que tienen su origen en el constructivismo y en los trabajos de Kuhn (Millar, 1987) y Popper (Gil, 1986:113a), que a la vez, evolucionaron hacia otras concepciones epistemológicas con inspiración en Lakatos (Niaz, 1998), Bachelard (Mortimer, 1995) y van Fraassen (Arruda et al., 1991). En consecuencia, podemos decir que para muchos investigadores de tendencia racionalista el laboratorio didáctico pasa a ser concebido como un proceso de investigación en analogía a la producción de conocimiento en la ciencia. Sin dudas, es una nueva concepción frente al papel de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, cuando se compara con las tres primeras, principalmente por el hecho de incorporar los resultados más recientes de las investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje, así como sobre Filosofía de la Ciencia.

Los cambios en cuanto a los presupuestos de naturaleza didáctica y epistemológica que pueden sustentar el diseño de metodologías para el laboratorio didáctico, se revelan inclusive en las diferentes formas de abordaje propuestas para los trabajos prácticos (Moreira y Levandowski, 1983; Toothacher, 1983; Sebastián, 1985; Sandoval, 1990; Gil y Castro, 1996; Gil y Payá, 1988; González, 1992; Guridi y Islas, 1998; Séré et al, 2003; Laburú, 2003).

Moreira y Levandowski (1983), por ejemplo, discuten y analizan tres enfoques diferentes para una misma actividad experimental: laboratorio programado, laboratorio con énfasis en la estructura del experimento y laboratorio con enfoque epistemológico. El primero puede ser caracterizado como muy estructurado en la medida en que el estudiante es conducido paso a paso, a través del procedimiento experimental. El segundo tiene como objetivo general la identificación de las diversas partes de un experimento, así como la descripción de la función de esas partes y las relaciones entre ellas. Ese enfoque puede ser caracterizado como menos estructurado que el programado, más próximo a las actividades no estructuradas. Finalmente, el último enfoque – aunque semejante al anterior – busca profundizar el análisis de la estructura del experimento. Es calificado como epistemológico porque pretende discutir, a través del

proceso de experimentación, la cuestión de la naturaleza y de la producción del conocimiento. Algún tiempo después, Kirschner (1992) y Medeiros (1995) sugieren otra clasificación: para el primero, las actividades de laboratorio pueden ser clasificadas en divergentes, académicas y experimentales, mientras que para el segundo la clasificación admite tres categorías, siendo ellas programadas, estructuradas y epistemológicas.

Esas caracterizaciones no son absolutas, ya porque puede existir dentro de cada estilo una serie de matices que determinan si el producto va a ser predeterminado o indeterminado, si la forma de abordaje será inductiva o deductiva y, finalmente, si los procedimientos serán diseñados por el profesor o serán generados por los propios alumnos (Berg et al., 2003: 352).

La tabla 6 sintetiza los trabajos de los diferentes autores comentados aquí.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Salinas (1994)	Identifica 5 visiones que norlean las prácticas de laboratorio: a) ilustración de la teoría; b) descubrimiento individual y autónomo; c) entrenamiento en los procesos de la ciencia; d) escenario de cuestionamiento de paradigmas; e) investigación colectiva orientada por situaciones problemáticas.
Moreira y Levandowski (1983)	Analizan tres tipos de abordaje para el laboratorio: a) laboratorio programado; laboratorio con énfasis en la estructura del experimento y c) laboratorio con enfoque epistemológico.
Kirschner (1992)	Clasifica las actividades de laboratorio en divergentes, académicas y experimentales.
Medeiros (1995)	Clasifica las actividades de laboratorio en programadas, estructuradas y epistemológicas.

Tabla 6.- Síntesis de los trabajos que abordan los objetivos del laboratorio didáctico con relación a las visiones de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Investigación sobre los procesos de colecta e interpretación de datos experimentales: una perspectiva promisor

Los trabajos mencionados hasta el momento procuraron mostrar algunos de los principales elementos debatidos en la producción académica sobre el papel del laboratorio didáctico en la enseñanza de las ciencias. Esos elementos, como hemos visto, se articulan básicamente por medio de cuestiones de orden metodológico: la función del laboratorio, los tipos de actividades y sus formas de abordaje. En síntesis, lo que se observa con mayor frecuencia es un esfuerzo bastante sostenido en el sentido de imaginar lo que el laboratorio didáctico podría propiciar a los alumnos.

De esa manera, a pesar de la variedad de visiones sobre el papel del laboratorio didáctico y de las propuestas para “mejorar” los cursos o las actividades experimentales, existen pocos resultados de investigaciones que indican si las metas perseguidas para el laboratorio son las más adecuadas o si determinada función atribuida a él es la más apropiada para alcanzar

esas metas (Sebastiá, 1987). O sea, a las investigaciones les falta una atención más centrada en los estudiantes y en su proceso de aprendizaje dentro del laboratorio, de modo a buscar respuestas más concretas acerca de los modos en que los estudiantes aprenden y qué es lo que aprenden en las clases prácticas, sea cual fuere la metodología propuesta. Esa también parece ser la preocupación mostrada por White (1996), en la medida en que no considera esencial o necesario que haya acuerdo en cuanto a la función que el laboratorio puede desempeñar. Para él, los laboratorios han sobrevivido justamente por el hecho de servir a diferentes propósitos. Según el autor, más importante que existir acuerdo es explicitar cómo el laboratorio puede cumplir con los objetivos atribuidos a él, o sea, cómo planificar experimentos específicos y conducirlos para que las clases de laboratorio sirvan a los fines que deseamos. Afirma, inclusive, que necesitamos saber cómo el laboratorio promueve la adquisición de cualquiera de los objetivos que le son atribuidos, sea con el objetivo de evidenciar los métodos de la ciencia, de dar significado a las abstracciones y descripciones de los fenómenos, de ilustrar la articulación entre las diversas partes de la ciencia o de motivar a los estudiantes para el aprendizaje.

Entre las diversas cuestiones suscitadas por el laboratorio didáctico, más allá de las cuestiones de naturaleza metodológica, es posible destacar otro enfoque de investigación que nos parece de extrema importancia y que se refiere a la investigación de la etapa en la cual los estudiantes obtienen, organizan e interpretan los datos con el fin de realizar inferencias. De modo general, esta etapa involucra: obtención de datos independientes entre sí, elección de un instrumento adecuado para la realización de las mediciones, reconocimiento de que las fluctuaciones son inherentes al proceso de medición, identificación de errores sistemáticos y estadísticos, repetición de medidas como forma de minimizar errores estadísticos, establecimiento de criterios para decidir cuál es la importancia a ser atribuida a una medida, media como valor representativo de una serie de datos, presentación de un resultado con cifras significativas correctas, noción de incerteza, de precisión y de confiabilidad de una medida, entre otros conceptos sobre tratamiento estadístico de datos. Conocer no solamente cómo los estudiantes articulan esos elementos, sino también sus representaciones acerca de los procedimientos de medición es, en nuestra opinión, un conocimiento del cual la enseñanza de las ciencias no puede prescindir, debido a la presencia de un componente experimental que caracteriza la actividad científica y que no puede ser ignorado en la enseñanza de las ciencias.

Hasta la década de noventa la cuestión de la realización de medidas y la destreza en usarlas merecieron poca atención de los investigadores, por lo menos si las comparamos con las preocupaciones con los demás contenidos de las ciencias y con los aspectos metodológicos del laboratorio. No obstante, para Millar (1987), el aprendizaje de procedimientos para la realización de experimentos cuantitativos es tan difícil para los alumnos como el aprendizaje de otros conceptos involucrados en la realización de actividades de esa naturaleza. Ryder y Leach (2000), por ejemplo, llegaron a decir que entender el proceso de interpretación de datos puede ser tan importante como comprender los rudimentos de conceptos sobre organismos genéticamente modificados o de radiactividad.

En la educación científica se observa que las visiones con respecto a la obtención e interpretación de datos que los aprendices colocan en juego en el aula compiten con nociones y conceptos que el profesor planifica desarrollar por medio de las actividades de investigación, porque la manera de comprender de los alumnos en general es opuesta a las científicas (Ryder y Leach, 2000). Esa situación se agrava si llevamos en consideración, por ejemplo, que la proposición de hipótesis, una de las características fundamentales de las Ciencias Naturales, es una habilidad que, por lo general, los estudiantes no dominan (Laburú, 2003) o, inclusive, el hecho de que los alumnos más jóvenes tienen poca desenvoltura para relacionar teoría y evidencia empírica (Leach, 1999; Germann y Aram, 1996). Dentro de esa perspectiva, Osborne (*apud* Allie et al., 1998) afirma que el trabajo experimental debería centrarse más fuertemente en el entendimiento de procesos relevantes para la realización de medidas.

Los trabajos de Séré et al. (1993) y de Séré y Journeaux (1994) son bastante representativos de las investigaciones relacionadas con el análisis y la interpretación de los datos obtenidos por los estudiantes en las actividades experimentales, en la medida en que procuran investigar procesos de pensamiento, cuando se hace necesario articular nociones matemáticas con problemas prácticos y teóricos de medida. La investigación relatada en el artículo de 1993, por ejemplo, procuró describir las concepciones de estudiantes del primer año de la universidad, a partir de datos obtenidos durante el trabajo de los alumnos en el laboratorio. El análisis indicó que los estudiantes establecen una jerarquía para las medidas que realizan y que no entienden, desde el punto de vista formal, la necesidad de realizar varias medidas. Una idea común es que cuanto más medidas son efectuadas, mejor es el resultado, sin una comprensión de lo que esto significa. Los autores observaron también que los estudiantes atribuían importancia al orden en el que las medidas eran obtenidas, considerando la primera serie como la más verdadera. Además, las medidas que convergían para un determinado valor se mostraban, para ellos, más importantes que las otras. Desconsiderando las discusiones realizadas en el curso teórico, los estudiantes raramente utilizaban estos conceptos para evaluar sus medidas. Además, Coelho y Séré (*apud* Buffer et al., 2001: 113) observaron que alumnos entre 14 y 17 años concluyen sus estudios de laboratorio con la idea de que la incerteza queda eliminada por completo al ser realizada una única medida y que la relación entre un conjunto de medidas y la incerteza asociada puede ser claramente definida.

En esa misma línea de investigación, el trabajo de Coelho (1993) identifica y articula concepciones de profesores y estudiantes de enseñanza media frente a situaciones experimentales que exigen un tratamiento y una interpretación de los datos obtenidos. Es un trabajo exploratorio, que procura identificar obstáculos y precursores del aprendizaje en este campo, que comprende la obtención y el tratamiento de informaciones experimentales. Como afirma la autora, el concepto clave de la investigación es la incerteza de las medidas. A partir del levantamiento efectuado sobre las concepciones de los estudiantes, la autora responde a cuestiones del tipo: ¿cómo abordar la noción de incerteza a partir de las reacciones de los estudiantes frente a la variación de medidas? ¿Cómo introducir la noción de precisión, a partir del repertorio previo de los

estudiantes? ¿Cómo utilizar las reacciones de los estudiantes para que ellos puedan utilizar las medidas como test de hipótesis o para aumentar el grado de precisión de los resultados experimentales?

Kanari y Millar (2004: 750) observaron de forma crítica que muchas investigaciones se concentran en las formas lógicas del pensar de los estudiantes y omiten diferentes tipos de razonamientos con datos numéricos. O sea, para esos investigadores, no basta conocer las formas por las cuales los sujetos articulan un razonamiento lógico, ya que existen particularidades que deben ser investigadas en las formas de pensar cuando los sujetos articulan un razonamiento lógico en el que participan elementos aritméticos y algebraicos. Sostienen que ese tipo de investigación adquiere importancia en la medida en que el pensamiento científico, por requerir habilidades con medidas, abarca lo lógico, pero no se acaba con él. En esa perspectiva, esos autores se concentran en los abordajes y habilidades de estudiantes de 10 a 14 años para recoger e interpretar datos en circunstancias en las cuales es necesario realizar un examen de relaciones entre variables. De acuerdo con esos investigadores, los estudiantes tienen más dificultades para interpretar situaciones que envuelven el tratamiento de datos que aquellas que requieren razonamientos lógicos en que no existe esa necesidad. En otras palabras, las dificultades se acentúan cuando es necesario discernir las implicaciones de la interpretación de los datos frente a las hipótesis corrientes o cuando existe la necesidad del control de variables. No obstante, más importante para los investigadores fue la dificultad específica de interpretar datos en lo que se refiere a la investigación de variables que afectan o no un resultado.

Observaron, aún, que los estudiantes de todas las edades de su investigación tenían menos éxito en investigaciones en las cuales la variable dependiente no presentaba covariación con respecto a la variable independiente que cuando eso no ocurría. Para ello, los autores planificaron experimentos en los que una magnitud física no estaba correlacionada con otra o, por el contrario, cuando se producía una variación de una de ellas, la otra magnitud variaba sistemáticamente. La razón de esa falta de éxito de los estudiantes fue atribuida a los errores experimentales, que enmascaraban la ausencia de covariación y, a menos que los errores fuesen grandes, era poco probable que ellos escondieran un efecto con fuerte covariación. De esa forma, según los autores, la gran diferencia entre las respuestas correctas en las tareas en las que existe covariación y en las que no existe, se deben a ese motivo y no al contexto de las tareas, al conocimiento del contenido por los estudiantes o a sus hipótesis iniciales.

Lubben y Millar (1996) también prestan atención a los criterios de toma de decisiones y de procedimientos seguidos por los estudiantes al realizar medidas y a la habilidad en usarlas como evidencias para elaborar conclusiones. Esos autores informan que muchos estudiantes realizan observaciones o hacen mediciones sin estar aparentemente conscientes de que existen incertezas asociadas al proceso de medición, o que precisan ser capaces de defender o justificar la confiabilidad de sus datos. Como consecuencia de ello, los datos obtenidos por los estudiantes proporcionan un soporte débil y no persuasivo a las conclusiones extraídas por ellos. Un trabajo pionero en ese tipo de investigación es el de Cauzinille-Marmeche et al. (1985). En ese trabajo, los autores resumen las principales y más

comunes formas de pensamiento de estudiantes de edades comprendidas entre 11 y 13 años con respecto a medidas: a) raramente los aprendices deciden replicar sus experimentos, ya que esperan que los resultados sean siempre iguales al dato obtenido, lo que es compatible con la idea apuntada por Séré et al. (1993), de priorizar la primera medida de una serie como siendo la más verdadera; b) la superposición entre distribuciones de datos desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones sobre la influencia de una variable en el estudio de un determinado fenómeno – un cuarto de los sujetos investigados no llegó a una conclusión sobre el efecto de aquella variable cuando había superposición entre algunos datos de dos muestras; c) la mayoría de los estudiantes investigados no tienen criterio de decisión para comparar un conjunto de datos y algunos se niegan a cotejar conjuntos de medidas o medias por el hecho de que no les atribuyen significado.

Lubben y Millar (1996) elaboraron un modelo que reúne en ocho pasos progresivos los razonamientos que son comunes en alumnos adolescentes cuando éstos se involucran en procesos de recolección, procesamiento y comparación de datos, y que Allie et al. (1998) testaron en alumnos de primer año universitario. Procurando avanzar en esa misma dirección, Buffer et. al. (2001) agrupan los resultados encontrados por ellos con los de Lubben y Millar (1996) en un modelo síntesis que distingue dos paradigmas: puntual y de conjunto. Con esas denominaciones, los autores hacen un paralelo con el concepto kuhniano de paradigma (Kuhn, 1987), para designar un conjunto de creencias, valores técnicos, etc., compartidas por los alumnos cuando trabajan con medidas.

El paradigma puntual incorpora razonamientos que admiten que apenas una medida es suficiente para caracterizar el valor de una magnitud y que hay un valor verdadero a ser encontrado, no habiendo necesidad de obtener más que un resultado experimental. Cada medida es independiente de las otras, en el sentido de que no precisa ser combinada de ninguna manera con las demás. En otras palabras, una medida no pertenece a un intervalo de valores, sino a un único valor. Si se realiza una serie de medidas, las decisiones subsecuentes son tomadas solamente con base en reflexiones puntuales, tales como: selección del valor recurrente, posición en la tabla, comparación hecha valor a valor. De esa manera, no tendría sentido calcular las medias en una muestra y, por consiguiente, estimar el error inherente a una medida.

La tabla 7 sintetiza los aportes de los diferentes autores que centran su atención en la etapa de toma de datos. De esa forma, desde un punto de vista formal, el proceso de medición implica un protocolo experimental, una secuencia de operaciones no sólo prácticas sino también teóricas, que conducen a la obtención de valores representativos de medidas de las magnitudes físicas asociadas a un sistema. Sin embargo, muchos de los aspectos de ese protocolo, son implícitos y evocan determinadas condiciones para que el proceso de medición sea válido. Con base en los resultados de trabajos que comienzan a surgir más intensamente en la década de noventa, y que se constituyen, en nuestra opinión, en un avance con relación a las investigaciones de orden esencialmente metodológico, es posible afirmar que las representaciones de los estudiantes con relación a las fluctuaciones pueden condicionar, en diversos aspectos, la manera cómo

toman y organizan los datos en el laboratorio, bien como la metodología de trabajo propuesta.

Autores y año de publicación	Contribuciones más relevantes
Ryder y Leach (2000)	Las visiones de los estudiantes sobre el proceso de obtención e interpretación de datos compiten con nociones y conceptos que el profesor planifica desarrollar por medio del trabajo de laboratorio.
Séré et al. (1993) Séré y Journeaux (1994)	Estudiantes del primer año de la universidad establecen una jerarquía para las medidas y no entienden el motivo de la toma de varias medidas de la misma magnitud. El orden en que las medidas son tomadas es importante para los alumnos y cuando las medidas convergen para un determinado valor, son más importantes que otras.
Coelho y Séré (<i>apud</i> Buffer et al., 2001: 113)	Alumnos entre 14 y 17 años concluyen sus trabajos de laboratorio con la idea de que la incerteza se elimina por completo al realizar una única medida.
Coelho (1993)	Identifica obstáculos y precursores del aprendizaje en el ámbito de la obtención y del tratamiento de informaciones experimentales.
Kanari y Millar(2004)	Estudiantes de 10-14 años tienen mayores dificultades para interpretar situaciones que involucran el tratamiento de datos que aquellas que requieren sólo razonamientos lógicos. También tienen menos éxito en investigaciones en las que la variable dependiente no presentaba covariación con respecto a la variable independiente, debido a los errores que enmascaran la covariación.
Lubben y Millar (1996)	Muchos estudiantes realizan observaciones o mediciones sin estar conscientes de que existen incertezas asociadas al proceso de medición. Los autores elaboraron un modelo que reúne en ocho pasos progresivos los razonamientos más comunes en adolescentes cuando se involucran en tareas de recolección, procesamiento y comparación de datos.
Buffer et al. (2001)	Agruparon los resultados encontrados por ellos con los de Lubben y Millar (1996) en un modelo síntesis que distingue dos paradigmas: el de <i>conjunto</i> , que está de acuerdo con la Teoría de Errores y el <i>puntual</i> , en que sólo una medida es suficiente para caracterizar el valor de una magnitud, que admite haber un valor verdadero a ser encontrado y que cada medida es independiente de las otras.
Cauzinille-Marmeche et al. (1985)	Los estudiantes de 11-13 años no tienen un criterio para comparar un conjunto de datos y raramente deciden replicar sus experimentos, ya que esperan que los resultados sean siempre iguales al dato obtenido. La superposición entre distribuciones de datos desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones sobre la influencia de una variable en un fenómeno.

Tabla 7.- Síntesis de los principales trabajos que abordan el tema de la toma de datos en los trabajos de laboratorio.

Las reflexiones anteriores nos conducen a pensar en una profundización en términos de la caracterización de las representaciones de los estudiantes sobre el proceso de medición y de cómo tales representaciones se van

modificando a través del tiempo, inclusive porque allí comparecen diferentes cuestiones que, en nuestro modo de ver, configuran un campo fértil de investigación en el sentido de comprender cómo se da la construcción del contexto de colecta e interpretación de datos en el laboratorio didáctico. Independientemente de la metodología utilizada en el laboratorio, la colecta e interpretación de datos, toma prácticamente todo el tiempo en que los estudiantes permanecen en el laboratorio. Es durante ese período que los alumnos entran en contacto con el arreglo experimental y con los instrumentos de medición, atribuyen significado a esos elementos en el contexto del experimento, discuten entre sí y con el profesor una metodología de obtención de datos y también pueden hacer uso de la Teoría de Errores para decidir sobre los cuidados experimentales y sobre cuál es la inversión que deben realizar en la toma de medidas. Además, precisan comprender la relación entre el fenómeno en estudio y el modelo físico teórico que lo representa, para que el experimento tenga algún sentido. Por ello, nos parece valioso el conocimiento sobre los efectos de las estrategias de enseñanza que, en el ámbito del laboratorio didáctico, puedan contribuir para que los estudiantes puedan evaluar sus representaciones y construir nuevos significados sobre el proceso de medición.

Comentarios finales

La revisión que hemos realizado acerca de la producción académica sobre el tema laboratorio didáctico nos permitió señalar una cuestión que, en nuestra opinión, puede contribuir para problematizar la naturaleza de esa producción, así como reflexionar sobre una línea de investigación que, en nuestra opinión, promete generar trabajos importantes.

Nos parece que existe un cierto desfase entre la producción de trabajos centrados en el debate teórico sobre el papel del laboratorio y la producción de conocimiento acerca de las tendencias de razonamiento y de los caminos preferenciales utilizados por los estudiantes en la resolución de problemas específicos de los trabajos prácticos. Esa diferencia entre los volúmenes de esos dos tipos de producciones puede acabar tanto por detener el motor de la discusión de naturaleza metodológica, como por dificultar la proposición de estrategias didácticas que contribuyan para que los estudiantes se apropien de un protocolo experimental acorde con el conocimiento formal.

En otras palabras, podríamos decir que la inversión en investigaciones que focalizan la función y organización del laboratorio didáctico y las actividades desarrolladas en él, viene ocurriendo más de acuerdo con lo que se piensa que son las posibilidades del laboratorio como instrumento de adquisición de conocimiento y menos de acuerdo con un conocimiento de la realidad del laboratorio, o sea, de los momentos en que los estudiantes efectivamente están en contacto con los elementos que componen el laboratorio en cuanto ambiente de aprendizaje. En ese sentido, podemos afirmar que el laboratorio didáctico, en su carácter de ambiente cognitivo, tan fértil y legítimo como cualquier otra situación de enseñanza, tiene un campo promisor de investigación aún poco explorado desde el punto de vista de las cuestiones relativas a las vicisitudes de la experiencia de aprendizaje que allí acontece. O sea, ¿cómo enfrentan los alumnos las dificultades del trabajo experimental? ¿Cuál es la naturaleza de esas dificultades y cómo ellas influyen la forma por la cual los estudiantes

aprenden? ¿Cómo se apropian y lidian con un "protocolo" experimental? ¿Qué representaciones construyen acerca de los diversos aspectos que configuran los procedimientos de colecta e interpretación de los datos? Estas y otras cuestiones semejantes son las que están aún poco exploradas, dificultando nuestro acceso a lo "espontáneo" que permea la enseñanza de laboratorio y la práctica de una enseñanza apoyada en una fundamentación teórica consistente.

De hecho, la colecta e interpretación de los datos pueden ser consideradas, bajo ciertos aspectos, como una etapa singular de los trabajos prácticos, en la medida en que entran en juego *un cuerpo teórico, el contacto del alumno con el arreglo experimental y con los instrumentos de medición y la interacción entre los componentes del grupo y de éste con el profesor*. La investigación acerca de cómo esos elementos se desarrollan sugiere, ciertamente, la posibilidad de encontrar informaciones únicas con relación al proceso de aprendizaje de los estudiantes en el laboratorio.

Explorando un poco más esa idea, podemos decir que el propio contexto didáctico del laboratorio es algo que se construye solamente en el momento de su realización, o sea, en la interacción entre lo que fue planificado – el "texto del laboratorio" – el profesor y los estudiantes. En ese sentido, el contexto didáctico estaría siendo definido entonces en todo momento del trabajo experimental, de acuerdo con una dinámica propia, activando una red de significados construida en ese espacio, en función de la vivencia de los estudiantes y con los elementos característicos de esa situación de enseñanza. En otras palabras, estamos enfocando el laboratorio didáctico como una realidad construida dinámicamente, en la cual los sujetos de aquel "texto" – profesor y alumnos – estarían expuestos constantemente a elementos de diferentes naturalezas, siendo que no todos son previsibles.

Esos aspectos acaban configurando el contexto de la colecta e interpretación de datos, como aquel marcado por el hecho de que no todo está bajo control, ya que podrán acontecer eventos inesperados y a veces sorprendentes, que exigen tanto del profesor como de los estudiantes una cierta "disponibilidad" para ser enfrentados. Desde el punto de vista de lo que es posible planificar y prever, la colecta e interpretación de datos en el laboratorio didáctico se muestra mucho más sujeta a tales acontecimientos, inclusive porque el acto de "experimentar" parece propiciar eventualidades que escapan del control de los alumnos e inclusive de los docentes.

Por esas razones es que consideramos importante focalizar las investigaciones en ese contexto, ya que importantes hallazgos pueden surgir cuando se exploran las relaciones múltiples que se establecen durante esa etapa. Una de las hipótesis que podrían ser "testadas" por las investigaciones es la de que existen docentes que conceden una atención mayor a las actividades de organización y montaje del experimento que a los aspectos relacionados con la colecta de datos y con el uso de la Teoría de Errores para el tratamiento e interpretación de esos datos. Esa subvalorización muchas veces no es intencional, porque el profesor considera, por ejemplo, que los alumnos ya estudiaron la Teoría de Errores y que realizarán de forma casi "automática" el tránsito entre la teoría y los datos. Las investigaciones han mostrado que ese proceso no es simple ni automático, y que los estudiantes construyen diferentes representaciones

sobre medidas y tratamiento de los datos. Cabría explorar, desde el punto de vista de la investigación, por ejemplo, cuáles son las representaciones de los docentes sobre la forma en que los estudiantes conceptualizan la Teoría de Errores y cuáles serían las estrategias docentes que podrían implementarse para superar las dificultades de los estudiantes en ese campo.

Explorando las múltiples relaciones entre los diferentes elementos que entran en juego cuando el profesor y los estudiantes realizan un trabajo de laboratorio, muchos otros emergerán, posibilitando una profundización en el estudio de esta modalidad de enseñanza.

Ciertamente, fructíferas líneas de investigación podrán surgir en el campo de la investigación educativa en ciencias.

Referencias bibliográficas

Allie, S. et al. (1998). First year physics student's perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, 20, 4, 447-459.

Arruda, S.M., Silva, M.R y C. Laburú (2001). O Laboratório didático de Física a partir de uma perspectiva kuhniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6, 1, 1-9.

Barolli, E. y A. Villani (1998). Subjetividade e Laboratório Didático. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3, 3, 143-159.

Berg, C.A.R.; Bergndahl, V.C.B.; Lundeberg, B.K.S. y L.A.E. Tibell (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the nature experiment. *International Journal of Science Education*, 25, 3, 351-372.

Brown, J.S.; Collins, A., y P. Duguid (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 1, 1, 32-42.

Buffer, A.; Allie, S.; Lubben, F. y B. Campbell (2001). The development of first year physics student's ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23, 11, 1137-1156.

Bzuneck, J.A. (2001). A motivação do aluno: aspectos introdutórios. En: Bzuneck, J.A. y E. Boruchovitch (Orgs.), *A motivação do aluno* (pp. 9-36). Petrópolis (Rio de Janeiro): Editora Vozes.

Cauzinille-Marmeche, E. ; Meheut, M. ; Séré, M.G. y A. Weil-Barais (1985). The influence of a priori ideas on the experimental approach. *Science Education*, 69, 2, 201-211.

Charlot, B. (2000). *Da relação com o saber: elementos para uma teoria*. Porto Alegre: Artmed Editora.

Coelho, S.M. (1993). *Contribution a l'étude didactique du mesurage en physique dans l'enseignement secondaire: description et analyse de l'activité intellectuelle et pratique des élèves et des enseignantes*. Tesis de Doctorado. Université de Paris VII - U.F. de Didactique des Disciplines.

Germann, P.J. y R.J. Aram (1996). Student performances on the science processes of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 7, 773-798.

Gil, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4, 2, 111-121.

Gil, D. y V.P. Castro (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 2, 155-163.

Gil-Pérez, D. y J. Payá (1998). Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 2, 2, 73-77.

Giuseppin, M. (1996). Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, 9, 107-118.

González, E.M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 2, 206-211.

Guridi, V.M. y S.M. Islas (1998) Guías de laboratorio tradicionales y abiertas en Física elemental: propuesta para diseñar guías abiertas y estudio comparativo entre el uso de este tipo de guías y guías tradicionales. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3, 3, 203-220.

Hodson, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18, 7, 755-760.

Hofstein, A. y V. Lunetta (2004). The laboratory in science education: foundations for twenty-first century. *Science Education*, 88, 28- 54.

Kanari, Z. y R. Millar (2004). Reasoning from data: how students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 7, 748-769.

Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science y Education*, 1, 273-299.

Kuhn, T.S. (1987) *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva.

Laburú, C.E. (2003). Problemas abertos e seus problemas no laboratório de física: uma alternativa dialética que passa pelo discursivo multivocal e univocal. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8, 3, 1-26.

Laburú, C.E. (2006). Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23, 383-405.

Laburú, C.E.; Barros, M.A. y B.G. Kanbach (2006). A relação com o saber de Charlot e a realização de atividades experimentais em física no ensino médio. *Atas X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (X EPEF)*, Londrina, PR (em CD).

Leach, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, 21, 8, 798-806.

Lubben, F. y R. Millar (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18, 8, 955-968.

Martinez, M.E. y E. Haertel (1991). Components of interesting science experiments. *Science Education*, 75, 4, 471-479.

Medeiros, A.F. (1995). *Análise das dificuldades dos alunos num curso introdutório de laboratório de física para engenheiros na paraíba*, Tesis (Maestría en Enseñanza de las Ciencias). Instituto de Física y Facultad de Educación de la Universidad de San Pablo, San Pablo. Brasil.

Michels, P.B. (1965). The role of experimental work. *American Journal of Physics*, 30, 172-178.

Millar, R. (1987). Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. *Studies in Science Education*, 14, 109-118.

Millar, R. y R. Driver (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.

Moreira, M.A. y C.E. Levandowski (1983). *Diferentes Abordagens ao Ensino de Laboratório*. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS.

Mortimer, E.F. (1995). Conceptual Change or Conceptual Profile Change?. *Science y Education*, 4, 3, 267-285.

Nedelsky, L. (1958). Introductory physics laboratory. *American Journal of Physics*, 26, 2, 51-59.

Niaz, M.A. (1998). Lakatosian Conceptual Change Teaching Strategy Based on Student Ability to Build Models with Varying Degrees of Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *Science y Education*, 7, 107-127.

Richoux, H. y D. Beaufils (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 1, 95-106.

Ryder, J. y J. Leach (2000). Interpreting experimental data: the views of upper secondary school and university science students. *International Journal of Science Education*, 22, 10, 1069-1084.

Salinas, J. (1994). *Las prácticas de Física Básica en laboratorios universitarios*. Tesis de Doctorado. Universitat de València. España.

Sandoval, J.S. (1990). Las experiencias de búsqueda de relaciones entre magnitudes como herramientas para incorporar al aula aspectos de la metodología de la investigación científica. *Revista de Ensino de Física*, 12, 59-77.

Schmidt, I.P. (1995). *O que há por trás do laboratório didático?* Tesis (Maestría en Enseñanza de las Ciencias). Instituto de Física y Facultad de Educación de la Universidad de San Pablo, San Pablo. Brasil.

Sebastiá, J.M. (1985). Las clases de laboratorio de física: una propuesta para su mejora. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 1, 42-45.

Sebastiá, J.M. (1987). ¿Qué se pretende en los laboratorios de física universitaria?. *Enseñanza de las Ciencias*, 5, 3, 196-204.

Séré, M.G.; Coelho, S.D. y A.D. Nunes (2003). O papel da experimentação no ensino da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20, 1, 30- 42.

Séré M.G. ; Journeaux, R. y C. Larcher (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15, 4, 427-438.

Séré, M.G. y R. Journeaux (1994). Traitement statistique des incertitudes en physique: problèmes scientifiques et didactiques. *European Journal of Physics*, 15, 286-292.

Solomon, J. (1988). Learning through experiment. *Studies in Science Education*, 15, 103-108.

Tamir, P. (1989). Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science education*, 73, 1, 59-69.

Toothacher, W. (1983). A critical look at introductory laboratory instruction. *American Journal of Physics*, 51, 516-520.

Tsai, C.C. (2003). Taiwanese science students´ and teachers´ perceptions of laboratory learning environments: exploring epistemological gaps. *International Journal of Science Education*, 25, 7, 847-860.

Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science y Education*, 12, 645-670.

White, R.T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18, 7, 761-774.

Woolnough, B. y T. Allsop (1985). *Practical work in science*. Cambridge: Cambridge Science Education Series. Cambridge University Press.