

PROBLEMATIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES EXPERIMENTALES EN LA FORMACIÓN Y LA PRÁCTICA DOCENTE DE LOS FORMADORES DE PROFESORES DE QUÍMICA

THE PROBLEMATIZATION OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN TEACHING
AND IN TRAINING FOR CHEMISTRY TEACHER TRAINERS

Fábio Peres Gonçalves
fabio.pg@ufsc.br

Carlos Alberto Marques
beбето@ced.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

RESUMEN: Se investigó cómo la formación y la práctica docente de los formadores de profesores de Química pueden contribuir al aprendizaje de la experimentación en la enseñanza de Ciencias/Química. El objetivo es colaborar en el señalamiento de las posibilidades de abordaje de las actividades experimentales como contenido tanto en la formación de los formadores como en la formación del profesorado en Ciencias Naturales. El análisis de las entrevistas con formadores que trabajan en los componentes curriculares de contenido específico de los cursos de Licenciatura en Química permitió identificar puntos de vista relativos a la experimentación apoyados en diversas perspectivas epistemológicas y «situaciones-límite» para el aprendizaje de los profesores en relación con las actividades experimentales.

PALABRAS CLAVE: experimentación, formadores de profesores de Química, enseñanza en la educación superior.

ABSTRACT: This paper investigates how professional development and training for chemistry teacher trainers may contribute to learning about experimentation in Science/Chemistry teaching. It intends to collaborate in highlighting ways of approaching experimental activities as a part of the professional development of trainers and of initial training for teachers of natural science. The analysis of interviews with trainers working in curricular components of specific content in Chemistry Licentiate courses has made it possible to identify views regarding experimentation based on a variety of epistemological perspectives and «limit-situations» for the teacher learning regarding experimentation.

KEYWORDS: experimentation, chemistry teacher trainers', higher education teaching.

Fecha de recepción: abril 2011 • Aceptado: enero 2013

Gonçalves, F.P. y Marques, C.A. (2013) Problematización de las actividades experimentales en la formación y la práctica docente de los formadores de profesores de Química., *Enseñanza de las Ciencias* 31 (3), pp. 67-86

INTRODUCCIÓN

Los estudios indican que en Brasil son pocas las investigaciones tanto sobre la educación superior en Química (Schnetzler, 2002) como también sobre la formación de los profesores de la educación superior, particularmente en el área de Ciencias Naturales (Brzezinski, 2006; Silva y Schnetzler, 2005). En otros países, los estudios sobre la enseñanza en los cursos de pregrado también se describen como embrionarios (Campanario, 2003, 2002). La despreocupación respecto a la educación superior impartida no parece estar presente solo en la investigación educativa, sino también en las políticas públicas de educación. Hay casos absurdos en los que el ingreso en el cuerpo de enseñanza de instituciones públicas puede darse incluso en ausencia de las llamadas pruebas didácticas (Barbosa *et al.*, 2009), más con el interés de privilegiar a los investigadores que propiamente a los profesores que sobresalen igualmente en el campo de investigación. Todo esto contribuye a que el aprendizaje de la docencia en este nivel de educación se base en la imitación de modelos didácticos (Pimenta y Anastasiou, 2002).

En cierto modo, eso justificaría parcialmente las visiones de los profesores de Química –y de sus estudiantes– en la educación superior sobre las actividades experimentales. Una de ellas es la que cree en la experimentación como una forma sencilla de comprobar los conocimientos teóricos estudiados anteriormente (Domin, 1999). Esta forma de entender los experimentos, a pesar de las críticas, parece subsistir en los laboratorios de Química (Domin, 1999). Otras críticas –y también sugerencias– sobre cómo desarrollar las actividades experimentales han sido señaladas de forma pertinente en la literatura (Reigosa Castro, 2006; Leach, 2002, Wellington, 1998; Hodson, 1994).

Sobre la base de lo expuesto, se presentan los resultados de un estudio destinado a señalar las posibilidades para el abordaje de las actividades experimentales como contenido tanto en la formación de los formadores como en la formación básica de profesores de Ciencias Naturales, y en particular, de Química. Para ello, se investigó qué pueden aportar la formación y la enseñanza de los formadores de profesores de Química al aprendizaje acerca de la experimentación en la enseñanza de las Ciencias. El trabajo fue orientado principalmente por las ideas de la educación dialógica y problematizadora de Paulo Freire (2006, 2005).

LA EXPERIMENTACIÓN Y LA PRÁCTICA DOCENTE DE LOS PROFESORES INTERPRETADAS DESDE UNA PERSPECTIVA DIALÓGICA Y PROBLEMATIZADORA DE LA EDUCACIÓN

Las conexiones entre las ideas de Freire y la enseñanza de las Ciencias han representado una contribución por parte de investigadores desde principios de la década de 1980 (Delizoicov, 2008). Más recientemente, en la literatura internacional se han presentado una diversidad de articulaciones entre la obra de Freire y la enseñanza de las ciencias. Por ejemplo Gehlen, Auth y Auler (2008) estudian los vínculos entre la perspectiva de Paulo Freire y Lev Vygotsky en el contexto de propuestas curriculares en la enseñanza de las Ciencias. Auler *et al.* (2005) buscan aproximaciones entre las ideas freireanas y aquellas asociadas a abordajes con un enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad). Del mismo modo, Santos (2009) vincula la perspectiva freireana a una visión humanista en la enseñanza de las ciencias. En general, se argumenta en favor de una educación en la que conocimientos de estudiantes y profesores sean aprehendidos y problematizados en oposición a la «educación bancaria», si utilizamos el lenguaje de Freire (2005). Aunque estas conexiones existen desde hace mucho tiempo, hay que destacar que Freire (1977), en una de sus obras –*¿Extensión o comunicación?*–, anterior al periodo de las articulaciones mencionadas, presenta una discusión que, en cierto modo, se aproxima al área de enseñanza de las Ciencias. El autor explica los aspectos teóricos y metodológicos en torno a su propuesta

educativa desde un enfoque epistemológico, en el cual los valores de los principios de la educación dialógica y problematizadora son independientes del nivel de educación o conocimiento enseñado. Como ya aseveró Freire (1977: 53): «El diálogo problematizador no depende del contenido que va a ser problematizado. Todo puede ser problematizado» [traducción nuestra]. Estas consideraciones permiten afirmar que tanto la experimentación –contenido de la formación del profesorado– como los contenidos abordados en las actividades experimentales pueden ser tomados como objeto de problematización, que a su vez se puede definir como:

... la reflexión que alguien hace sobre el contenido que resulta de un acto o sobre el acto en sí mismo, para actuar mejor con los demás en la realidad. No hay problematización sin tomar en cuenta esta última (de ahí que la discusión misma sobre el *más allá* debe tener, como punto de partida, el debate acerca del *aquí* que, para el hombre, es igualmente y siempre un *ahora*) (Freire, 1977: 82-83) [traducción nuestra].

Cabe señalar que, en la perspectiva de Freire, el objeto de problematización no es solo un punto de partida, sino también de llegada. En otras palabras, la problematización puede ser caracterizada como un proceso en el que hay que captar el conocimiento inicial de los sujetos sobre el tema estudiado. Esto permite al profesor identificar las limitaciones de este conocimiento, para luego cotejarlo o sustentarlo con el conocimiento difundido en la literatura especializada. Mediante el aprovechamiento del conocimiento «discente», se colabora en dar sentido al problema que, examinado por el profesor en el futuro, exigirá de los alumnos la apropiación de un conocimiento aún inédito para ellos, sin el cual es poco probable que se resuelva dicho problema (Delizoicov, 2005). En resumen, en palabras de Freire (1996)¹ el acto de enseñar exige respeto a los conocimientos de los alumnos.

La problematización es esencial para lograr lo que Freire llama conciencia máxima posible, en contraposición a una conciencia real (efectiva)² (Freire, 2005). «La conciencia real efectiva resulta de múltiples obstáculos y desvíos que los factores de la realidad empírica imponen a la realización de la conciencia posible» (Goldmann *apud Freire*, 2005: 124) [traducción nuestra]. Estas categorías son exploradas por Freire (2005) para analizar el comportamiento y el pensamiento de los individuos en relación con una determinada situación significativa percibida por estos sobre la base de sus propios parámetros de construcción del conocimiento (Delizoicov, 1991), es decir, que se trata de categorías con efectos de análisis en la obra de Freire.

Muchos profesores afirman, por ejemplo, que no realizan experimentos porque no hay laboratorios apropiados en sus escuelas (Coelho, 2005), es decir, con recipientes de vidrio, reactivos químicos y aparatos electrónicos convencionales. Estos profesores evidencian así una visión que parte de una conciencia real (efectiva) acerca de la experimentación, puesto que son conocidas las propuestas que incentivan el desarrollo de las actividades experimentales, incluso sin laboratorios específicos. Aquellos que, en cambio, perciben la posibilidad de realización de experimentos incluso en ausencia de laboratorios parecen avanzar en el proceso de lograr una conciencia máxima posible. La pobre infraestructura de laboratorios, especialmente en las instituciones públicas de educación en Brasil, puede llegar a configurar lo que Freire llama «situaciones-límite»:

... Las «situaciones-límite», (...) no deben ser tomadas como barreras insuperables, como si más allá de estas nada existiera. En el momento mismo en que los hombres las aprehenden como frenos, en que ellas se configuran como obstáculos para su liberación, se transforman en «percibidos destacados» sobre su «visión

1. En su obra *Pedagogía de la autonomía*, Freire (1996) desarrolla una discusión educacional que trasciende de forma más explícita la educación de adultos, a fin de abordar la práctica docente de modo más general.

2. Paulo Freire (2005) analiza las categorías «conciencia real (efectiva)» y «conciencia máxima posible», basado en las ideas de Lucien Goldmann (1986).

de fondo». Se revelan así como lo que realmente son: dimensiones concretas y históricas de una realidad determinada (Freire, 2005: 104-105) [traducción nuestra].

Al aceptar que las situaciones-límite pueden ser consideradas barreras para los sujetos, estamos de acuerdo con la comprensión de muchos profesores que creen que la falta de laboratorios puede inhibir el desarrollo de actividades experimentales. Esta carencia, sin embargo, en cuanto situación-límite, debe ser identificada como tal y, por consiguiente, como una dificultad posible de ser superada. Una forma de afrontar la falta de laboratorios es por medio del planeamiento de experimentos con «materiales alternativos y de bajo coste», o con simulaciones por ordenador, obviamente cuando las instituciones poseen dichos recursos. Estas son posibilidades destacadas de forma muy positiva por investigaciones sobre la experimentación en la enseñanza y que pueden ser caracterizadas como lo inédito viable: lo que se encuentra más allá de las situaciones-límite (Freire, 2005). Otras articulaciones entre el pensamiento freireano sobre la educación y la experimentación en la enseñanza de la Ciencia/Química se pueden encontrar en Francisco Jr., Ferreira y Hartwig (2008), que exploran los tres momentos pedagógicos³ (Delizoicov, 2005), a saber, la problematización, la organización del conocimiento y la aplicación del conocimiento en el contexto de las actividades experimentales. Los tres momentos pedagógicos fueron estructurados para facilitar en el aula la realización del proceso de codificación-problematización-decodificación explorado por Freire (2005). Es importante destacar que la propuesta de experimentación problematizadora no es sinónimo de experimentación por medio de la resolución de problemas⁴ (Merino y Ferrero, 2007; Reigosa Castro y Jimenez Aleixandre, 2000; Gil Pérez *et al.*, 1999).

De acuerdo con Freire (2005), no son las situaciones-límite en sí mismas la causa de una desesperanza, sino cómo el individuo las interpreta. Cuando las interpretaciones acontecen a nivel de la conciencia real (efectiva), no se puede percibir lo inédito viable. Las acciones para lograr lo inédito viable van acompañadas, desde la perspectiva de Freire, por una reflexión, sin la cual el proceso educativo se reduciría a un activismo. En el caso de los experimentos, es insuficiente limitarse a promoverlos; es necesario saber por qué y cómo llevarlos a cabo.

Por último, según la perspectiva dialógica, la formación del profesorado tiene que dedicarse, en parte, a la problematización de las actividades experimentales, para que los formadores comprendan los conocimientos iniciales sobre este tema, así como aprendan a fomentar la apropiación de nuevos conocimientos producidos por la comunidad de investigadores con respecto a la experimentación en la enseñanza de Ciencias. Este no es un asunto trivial, especialmente porque se trata de la formación de los profesores de la educación superior.

3. Los momentos pedagógicos están estructuralmente relacionados y, en la problematización inicial, son presentadas situaciones reales de conocimiento de los alumnos sobre las cuales ellos deben exponer sus interpretaciones. A partir de la propuesta de preguntas, el profesor puede determinar las interpretaciones y problematizarlas con la finalidad de detectar posibles contradicciones en el conocimiento de los alumnos, así como sus insuficiencias. A esto se añade la importancia de que la problematización fomente la necesidad de apropiación de un conocimiento inédito para los alumnos. En un segundo momento, el conocimiento inédito se presenta ante los alumnos a través de diversas actividades con el fin de comprender el tema de estudio. En el tercer momento, se permite a los alumnos llevar a cabo el análisis de situaciones relacionadas con el tema, lo que hace posible la utilización de los conocimientos adecuados.

4. Para profundizar en la comprensión de aproximaciones y distanciamientos entre una estrategia de aprendizaje basada en problemas y la «metodología de problematización», consúltese Silva y Delizoicov (2008).

METODOLOGÍA

Las entrevistas semiestructuradas se realizaron con formadores de profesores de Química⁵ que trabajan en las asignaturas de contenido específico⁶ (05) y en las asignaturas de enseñanza de Química (05). Sin embargo, se presenta solo el análisis de la información obtenida a través de entrevistas (anexo 1) con profesores de las asignaturas de contenido específico,⁷ cuya invitación a que participaran la investigación se basó en la publicación, como autor o coautor, de al menos dos artículos con propuestas de experimentos en la sección de *Educación* de la revista *Química Nova*.⁸ Estos artículos también se constituyen como objeto de análisis en un momento preliminar de la investigación (Gonçalves y Marques, 2012, 2011). La elección de autores y coautores de al menos dos artículos se justifica por la intención de hablar con profesores que, por el número de artículos publicados, se mostrasen interesados en la importancia pedagógica de la experimentación. Respecto a las fechas de estas publicaciones, nos pareció apropiado considerar los artículos publicados entre 1997 y 2007, en vista de que a partir de la década de 1990, aparecen en el contexto brasileño propuestas curriculares oficiales para la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación superior –directrices del gobierno brasileño (Brasil, 2001)–, las cuales parecen haber influido, en cierta medida, en el discurso de los profesores. Solo 38 autores y coautores habían publicado dos o más artículos. Por lo tanto, 5 entrevistados representan aproximadamente el 13% de ese total.

Todos los encuestados tenían una graduación (BA) y un doctorado en química. Solo un profesor no había realizado también el curso de formación inicial de profesores de Química (P2). Todos los profesores tenían más de diez años de experiencia profesional en la educación superior y dos profesores tenían más de treinta años de experiencia profesional en la educación superior en Química. Todos estaban trabajando en instituciones públicas de educación superior como profesores efectivos.

Los procedimientos de análisis textual discursivo (Moraes y Galiazzi, 2007; Moraes, 2003) condujeron al análisis de las informaciones cualitativas. Este método de análisis se compone de tres pasos: fragmentación, categorización y comunicación. El primer paso consiste en la fragmentación de los textos en unidades de análisis que son clasificadas posteriormente. En la categorización, las unidades de análisis se agrupan según sus similitudes semánticas. Esta investigación utiliza un proceso de categorización mixto (Moraes, 2003), es decir, categorías emergentes y categorías *a priori*. Las categorías *a priori* son predeterminadas, en general, a partir de la teoría que orienta la investigación. Una de las limitaciones de este procedimiento es la posible pérdida de informaciones cualitativas importantes para la investigación por el hecho de no encajar dentro de las categorías predefinidas. Las categorías emergentes se oponen a las categorías predefinidas, ya que el conjunto de categorías es construido a partir de las unidades de significado que poseen algo en común. Esto no significa que las categorías emergentes sean construidas en ausencia de teoría, pues de lo contrario se valorizaría la neutralidad del proceso de construcción de conocimiento. Como destaca Moraes (2003), toda lectura es realizada a la

5. En este artículo, además de la expresión *formadores* de profesores de Química para referirse a los sujetos investigados, también se utiliza simplemente la denominación *profesor*.

6. Las asignaturas de Química Orgánica, Química Inorgánica, Química Analítica y similares, aunque esto no quiere decir que las asignaturas de enseñanza de Química (Metodología de Educación Química, Didáctica de la Química, etc.) carezcan de especificidad, ya que son asignaturas con contenido propio.

7. Optamos por presentar solo los resultados de los análisis de las entrevistas con los profesores de las asignaturas de contenidos específicos porque el espacio necesario para proporcionar el análisis completo va más allá de lo que está permitido en un artículo.

8. La revista *Química Nova* es un medio de difusión de la Sociedad Brasileña de Química (SBQ) que publica, por ejemplo, artículos de investigación en Química (principalmente) y propuestas educativas y de investigación en el ámbito de la enseñanza de la Química, especialmente para la educación superior en este campo.

luz de una teoría, implícita o explícita. Este autor también destaca que, en el análisis textual discursivo, la categorización no admite la propiedad de exclusión mutua, lo cual representa una toma de distancia con respecto a la fragmentación y el reduccionismo. La validación del análisis y de las categorías es sustentada, entre otros aspectos, a partir de argumentos apoyados en las transcripciones de fragmentos de las entrevistas (Moraes, 2003).

Por último, en la comunicación se producen los textos, con énfasis descriptivo e interpretativo, a partir de las categorías. Estas últimas son: contradicciones sobre la experimentación y situaciones-límite.

Contradicciones sobre la experimentación

Los profesores expresaron sus puntos de vista sobre la experimentación en la enseñanza y en la Ciencia. Estas opiniones se contradicen entre sí en el sentido de no estar en armonía. Las contradicciones aparecen también en la discusión sobre la relación entre teoría y experimentación. Las declaraciones mostraron un hecho común en cursos de pregrado en Ciencias Naturales, como es la separación entre las asignaturas «teóricas» y «experimentales»:

... Recibí el encargo de tomar dos semestres de Química General Experimental y condensar dicha asignatura en un semestre. (...) Tenemos que enseñar conceptos, ¿no es así? Fundamentos, ¿no es verdad? Entonces, yo puedo enseñar eso perfectamente en el laboratorio. Así, respecto al laboratorio, puedo dar una clase previa, eventualmente (...). Sobre todo cuando tengo muchos estudiantes en el laboratorio, no puedo pasar de un estudiante a otro (...). Por eso, una introducción teórica al laboratorio, preferiblemente en el mismo día en que la práctica de laboratorio se llevará a cabo, (...) es bienvenida. (...) Así, tengo mis restricciones frente a la fragmentación entre la teoría y la práctica, del modo cómo ella se hace (P4).

A menudo, las asignaturas «teóricas» se encuentran en el currículo antes que las asignaturas «experimentales» correspondientes. Aunque hay una razón —excesivo número de estudiantes, según indicó el profesor— para la dicotomía «imaginaria» entre la experimentación y el conocimiento teórico, dicha dicotomía presenta contradicciones, independientemente del hecho de ser o no materializada por las asignaturas «teóricas» y «experimentales» en semestres opuestos o, como se propugna en el fragmento, en el mismo semestre. En el caso en que las asignaturas «teóricas» precedan en un semestre a las «experimentales» correspondientes, cabe preguntarse cuál es el papel de los experimentos en el aprendizaje de contenidos conceptuales, ya que los estudiantes, supuestamente, ya aprendieron tales contenidos, toda vez que fueron aprobados. Sin embargo, el entrevistado cree en la experimentación como una forma de enseñanza y aprendizaje de conocimientos teóricos, aunque sea contradictorio que las asignaturas «teóricas» sean ofrecidas en el semestre anterior a las «experimentales» en el plan de estudios. Incluso en los casos en los que las asignaturas «teóricas» y «experimentales» se ofrecen en el mismo semestre, como sugiere el profesor entrevistado, se presume que las llamadas «clases teóricas» deben apoyar el aprendizaje de la «teoría»; de lo contrario, no habría razón coherente para ofrecerlas y mantenerlas. Sin embargo, el aprendizaje de conocimientos teóricos en las «clases teóricas» puede ser influido por las clases de las asignaturas «experimentales», o se pone en duda la contribución de esas clases en el proceso de apropiación de conocimientos teóricos. En resumen, desde el punto de vista del aprendizaje, la dicotomía entre «teoría» y «experimentación» es innecesaria y no imaginamos situaciones en las que esta pueda ayudar a la asimilación por parte de los estudiantes. Se entiende que las actividades experimentales son relevantes para el aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, como pueden ser otras actividades educativas. Hay circunstancias en las que la asignatura, incluso sin los adjetivos *teórica* o *experimental*, puede ser claramente dividida en clases de «teoría», seguida de clases «experimentales», con la tarea de comprobar un conocimiento aprendido previamente. Por otro

lado, la presencia de los llamados investigadores teóricos e investigadores experimentales –lo cual es válido en Química, Biología, Física, etc.– contribuye a la promoción y legitimación de la dicotomía entre asignaturas «teóricas» y «experimentales» en el currículo. De hecho, se desarrollan investigaciones que son denominadas teóricas o experimentales por la comunidad científica, pero la epistemología contemporánea de la Ciencia (Bachelard, 1996; Kuhn, 1975) ha enseñado que el conocimiento producido por esta comunidad, en última instancia, tiene un carácter teórico-experimental. Aunque el desarrollo de la investigación en Química Teórica se produce sin necesidad de realizar experimentos empíricos simultáneos, no se admite la ejecución de experimentos en el «vacío teórico» (ya sea en el ámbito de enseñanza de las Ciencias o en el de la producción de conocimientos científicos); de lo contrario, se expresaría la creencia en la neutralidad científica (Hirvonen y Viiri, 2002; Gil Pérez *et al.*, 1999; Wellington, 1999; Hodson, 1994). Este argumento justifica la razón por la cual se caracteriza la dicotomía entre la experimentación y la teoría como «imaginaria».

Las contradicciones también aparecieron entre la visión de la experimentación en la Ciencia y aquella relativa a la experimentación en la enseñanza:

... tenemos tal coloquio. El coloquio fue establecido por Rheinboldt en los años 30 [1930] (...) antes de empezar a trabajar con el experimento, hacemos con que el alumno realice este experimento teóricamente. (...) En primer lugar, el alumno busca la teoría en cuestión. (...) Y luego hacemos un debate con ellos acerca de lo que quieren (...) solo después de eso, empezamos el experimento propiamente dicho. Es más o menos lo contrario del desarrollo de la Ciencia. La Ciencia tiene, básicamente, usted tiene el fenómeno y trata de explicar el fenómeno. Aquí, el fenómeno se conoce y tenemos que invertir un poco este proceso. Explica el fenómeno y luego ve el fenómeno en la práctica... (P1)

Queda muy claro que el profesor reconoce la contradicción que existe entre su visión sobre las experiencias promovidas en la Ciencia y en la enseñanza. Por lo tanto, esta contradicción del profesor no es ingenua y, en parte, se basa en la forma de desarrollar actividades experimentales propia de la cultura de la asignatura de Química Analítica. El fragmento muestra que la experimentación puede ser influenciada por un aprendizaje vagamente apoyado en los resultados de la investigación contemporánea sobre la enseñanza de Ciencias, y no por una opción epistemológica explícita sobre la construcción del conocimiento. La forma de realizar experimentos en Química Analítica es la misma en muchas instituciones brasileñas desde hace más de medio siglo; se produce a través del «método» propuesto por el profesor Rheinboldt –Heinrich Rheinboldt fue profesor e investigador en Ciencias Químicas en la Universidad de São Paulo–, a pesar de los avances en las investigaciones acerca de la enseñanza de Ciencias. El profesor expone una comprensión relativa a las actividades experimentales en la Ciencia que se acerca a la perspectiva empirista, como aparece más claramente en otro pasaje: «Y luego hay otro desafío, que es revertir la cosa. Es por medio de la experimentación para crear conocimiento, pero eso es para otra etapa de formación, ¿no?» (P1). Sin embargo, de acuerdo con lo que el profesor aseveró, la ejecución de experimentos en la enseñanza difiere de la visión empirista, toda vez que los estudiantes comienzan la actividad experimental con una teoría que supuestamente ya han aprendido. Las contradicciones entre la comprensión de la experimentación en la enseñanza y en la Ciencia trascienden las visiones empiristas:

... Una visión primordial que un químico debe tener es que la Química es una Ciencia experimental (...) es crucial que el estudiante entienda que el contenido que tenemos, teórico, es resultado de experimentos bien ejecutados y bien interpretados. Y él, como investigador experimental, pueda probar esta cuestión de hacer experimentos bajo una mirada crítica. (...) creo que con los contenidos aprendidos en el curso, el estudiante no llega a refutar la teoría. Pero si adquiere esta forma de pensar, refutará en el futuro, cuando efectivamente estará, según la formación recibida, ejecutando experimentos que pueden presentar este

tipo de situación (...) Pero mi opinión es que la Química es una Ciencia experimental, y la teoría debe ser comprobada por experimentos, o proviene de experimentos (P2).

El profesor muestra una comprensión sobre la experimentación en la Ciencia que se relaciona con el empirismo, ya que cree en las teorías derivadas de los experimentos. Pero en parte también existe un entendimiento similar al propuesto por Popper: las actividades experimentales tienen la condición de refutar de manera concluyente una teoría. Son los llamados «experimentos cruciales». Epistemólogos contemporáneos como Kuhn (1975) están en desacuerdo con la atribución de esa función a los experimentos. Sin embargo, estos dos epistemólogos se oponen a la idea de que los experimentos prueban, en última instancia, una teoría. En el proceso de enseñanza y aprendizaje, la interpretación de que hay experimentos cruciales también puede ser problematizada. El propio profesor se refiere a esta imposibilidad, lo que refuerza el argumento anterior, es decir, la contradicción referida no es ingenua. Por otra parte, la creencia en que un experimento didáctico es capaz de probar o refutar una teoría basada en otro contexto de validación, con otros sujetos que conocen métodos sofisticados, expresa un análisis poco coherente con la construcción del conocimiento científico y su apropiación por los estudiantes. Este discurso es un indicador de que se puede identificar en el mismo profesor más de una comprensión epistemológica sobre el papel de los experimentos en la Ciencia.

En última instancia, las opiniones y acciones relativas a las actividades experimentales en la formación de profesores de Química van acompañadas de contradicciones. Hay indicios de que las actividades experimentales se entienden en un espectro epistemológico que no se limita a una influencia del empirismo. El conocimiento determinado en la investigación es indicativo de la necesidad de problematización de los sobreentendidos acerca de la experimentación en la formación de los formadores de profesores de Química, explorando incluso contradicciones como las evidenciadas.

Situaciones-límite

Se presentan a continuación las subcategorías que constituyen la categoría situaciones-límite, o sea, las estructuras institucionales, la colectividad y cohesión suprimidas, la investigación en detrimento de la de enseñanza, un aprendizaje poco relacionado con los resultados de investigaciones en la enseñanza de la ciencia y el texto de experimentación difundido. En tanto situaciones-límite, estas subcategorías expresan dimensiones concretas. La primera –las estructuras institucionales– presenta los problemas de dimensiones físicas, humanas y organizativas que influyen en la realización de los experimentos dentro de las instituciones de educación superior. En la segunda subcategoría se apunta, por ejemplo, a la falta de colectividad y de cohesión entre los profesores de Química en la educación superior en relación con la experimentación. En seguida se caracteriza, en la tercera subcategoría, cómo la valorización de las investigaciones en detrimento de las actividades de enseñanza tiene implicaciones en las actividades experimentales. La cuarta subcategoría trata de reflexionar sobre la poca relación entre los experimentos en la educación superior en Química y los resultados de las investigaciones en la enseñanza de las Ciencias. A su vez, la subcategoría «el texto de experimentación difundido» discute las características de las propuestas de actividades experimentales presentes en libros y artículos.

Situaciones-límite: estructuras institucionales

Los profesores de asignaturas de contenidos específicos identificaron problemas relacionados con la estructura de las instituciones –en las dimensiones física, humana y organizacional– que impiden la realización de experimentos. La mayoría reconocieron la falta de recursos materiales como un problema.

Fueron menos frecuentes las manifestaciones relacionadas con los recursos humanos y la organización institucional. En relación con los recursos materiales, un profesor señaló:

Yo creo que, quizás, él podría proponer a sus alumnos la caracterización, para mostrarles que siempre tuvieron éxito en sus trabajos. Pero no siempre tienen los recursos. Él dice al final aquí, si tuviera rayos X y tal, pero quizás hay otras técnicas más sencillas que se podrían utilizar (P1).

Vivir en un contexto de falta de recursos materiales ha llevado a los profesores de las instituciones de educación superior a adoptar alternativas más accesibles, incluso en relación con el aspecto financiero. Fomentar procedimientos con materiales alternativos se ha convertido en un discurso común en la enseñanza de la Química, muchas veces sin problematizar la necesidad de obtener recursos financieros para la educación.

Él menciona aún la falta de tratamiento de residuos como un obstáculo para la realización de experimentos; y afirma también que este tratamiento necesita recursos humanos, o apoyo técnico; en sus palabras:

Ahora, si usted tiene cromo, mercurio, ¿qué hace con él? Creo que, en principio, usted debe buscar un tratamiento alternativo. Si esas alternativas no existen, realmente no vale la pena mantener la actividad. (...) Hemos guardado este residuo (...), eso es un problema, pero yo no suspendería. Trato de buscar algo paralelo (...). Pero, eso también depende de la institución. Nosotros, por suerte, tenemos un montón de apoyo técnico que nos ayuda en este tratamiento. Por ejemplo, hay instituciones que no lo tienen. Ahí la persona no tiene tiempo o recursos... (P1)

Si bien se reconoce la importancia del tratamiento de residuos, el profesor no parece percibir una alternativa más inmediata para hacer frente a la situación-límite, es decir, la falta de tratamiento de residuos. Entre las «barreras» señaladas, se encuentra la escasez de técnicos, la falta de tiempo y recursos. Aunque esto pueda realmente representar una «barrera», no necesariamente se opone al tratamiento de residuos. Los propios graduandos pueden realizar este tratamiento, incluso como una actividad educativa y no solo como algo de carácter técnico y/o burocrático. Es un momento propicio para enseñar actitudes (además de las que tienen fondo más científico), conceptos y procedimientos relacionados con la Química.

El modo de organización institucional también fue citado como uno de los aspectos que influye en el desarrollo de actividades experimentales:

... Hay que tener en cuenta la propia organización del curso en su conjunto (...). De este modo, se mantiene un esquema más o menos tradicional de la institución. Así, organización de clases teóricas en un día, en otro clase experimental, duración, número de experimentos... (P5)

La separación de las asignaturas en «teórica» y «experimental» es una orientación institucional y no necesariamente una opción del profesor. No obstante, instituciones de educación superior están organizadas por personas; por lo tanto, la segregación expuesta puede estar relacionada con una situación-límite, como la baja valoración de la colectividad y cohesión entre los profesores –discutiremos esto más adelante–. La segregación de las asignaturas en «teórica» y «experimental» es un problema que el profesor no puede cambiar de inmediato, así como el número de alumnos a los que enseñar. Pero hay otros problemas que el profesor puede ayudar a subsanar, ya que los profesores no son meros ejecutores de normas institucionales o promotores de experimentos dentro de un plan previamente elaborado.

Los problemas citados por los profesores fueron entendidos como situaciones-límite que deben ser reconocidas y tratadas por los profesores, a fin de desarrollar actividades experimentales. Creemos que este tipo de situaciones-límite tiene que ser objeto de problematización en la formación del profesorado con el objetivo de identificar el inédito viable.

Situaciones-límite: la colectividad y la cohesión suprimidas

Los entrevistados indicaron la falta de acciones colectivas y cohesión entre los profesores de la enseñanza superior, y entre estos y sus alumnos, como un problema para llevar a cabo experimentos con las características que se consideran innovadoras. Uno de ellos dijo:

... Hay enormes dificultades en el desarrollo de cualquier propuesta, digamos, un poco diferente. Debe ser un grupo de colegas que tienen una cierta afinidad con usted (P3).

El pasaje citado muestra un ejemplo de la dificultad de unir a profesores de un área para planificar acciones conjuntas. Aunque los profesores se reúnan para planear en conjunto una asignatura, la cultura del individualismo impera en su ejecución. Zabalza (2004) señala que la cultura individualista en la educación superior contribuye al establecimiento de la enseñanza como un «territorio privado», y una de las consecuencias puede ser la promoción de clases de contenido insuficiente. Para este autor, las propuestas de formación de profesores para profesionales de la educación superior deben considerar la cultura individualista para entender la resistencia a dichas propuestas. Teniendo esto en cuenta, añadimos por nuestra parte que es importante que los procesos de formación luchen contra la fragmentación del trabajo individual. Ello no quiere decir falta de respeto por las opciones diferenciadas de cada profesor, ya que lo que se sostiene y se pide es acceso y condiciones de apropiación de nuevos conocimientos.

También se mencionó la falta de cohesión en la relación entre profesores y alumnos con respecto a un experimento propuesto:

... Por la propia renuencia de los estudiantes, que vienen de una escuela secundaria, preuniversitaria distorsionada; y la mayor parte de ellos se resiste al cambio. Ellos siempre tienen el deseo que se les pase, que se les eche la información para que puedan aprehenderla, memorizarla, ¿verdad? (P4).

La resistencia de los estudiantes a veces puede ser un germen de temor para que los profesores cambien su práctica pedagógica (Freire y Shor, 1986). La resistencia estudiantil se puede explicar en parte por su historia escolar, ya que probablemente la visión tradicional de la educación, que se entiende como transmisión y recepción de conocimientos, ha sido hegemónica. Por lo tanto, una transformación en el desempeño del profesor puede causar inseguridad y/o extrañeza entre los estudiantes. Los estudiantes, a veces, tienen la impresión de que no están aprendiendo debido a que poseen una visión del aprendizaje muy distinta de la del profesor. La complicidad entre los profesores para compartir conceptos sobre la experimentación podría ser una manera de hacer frente con mayor eficacia a la resistencia de los estudiantes a los cambios.

Por lo tanto, hemos identificado situaciones-límite relacionadas con la falta de cohesión. Se ha argumentado a favor de la problematización de las actividades experimentales en los procesos de formación del profesorado también como una forma de lidiar con la falta de cohesión entre los profesores en la elaboración de propuestas de experimentos, de acuerdo con los conocimientos divulgados en la literatura.

Situaciones-límite: la investigación en detrimento de la enseñanza

La enseñanza, paradójicamente, tiene un valor mínimo en las instituciones de educación superior. Los estudios de posgrado en Química son legalmente reconocidos como espacios de «formación» de profesores de educación superior (Brasil, 1996), pero se tienen por poco influyentes en el estudio de la enseñanza de la Química y, por lo tanto, de las actividades experimentales:

... Los programas de posgrado tienen objetivos muy específicos en términos de producción científica. Hay pocas iniciativas, aunque la práctica de la enseñanza es un requisito de CAPES (P5).

El posgrado en Química forma, en Brasil, a gran número de investigadores al año (Andrade *et al.*, 2004). Este es el resultado de una comunidad de investigación consolidada y consideramos que así tiene que seguir siendo. Sin embargo, en general, no se ha invertido en iniciativas que favorezcan pedagógicamente la formación de profesores de Química en la enseñanza superior. Las prácticas de docencia, realizadas en programas de posgrado en Química, son un requisito de CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), una agencia del Gobierno.⁹

El periodo de docencia parece inmune a la realización de debates basados en la literatura pedagógica: «... casi todos los profesores universitarios (...) tuvieron un duro entrenamiento en Química. Nunca fuimos capacitados para ser profesores» (P3). El desequilibrio exacerbado entre docencia e investigación en las instituciones de educación superior es una antinomia con respecto a los objetivos legales (Brasil, 1996) asignados a este nivel de educación en el país. Sin embargo, este desequilibrio tiene una explicación, identificada en la parte siguiente del relato del profesor, es decir, las ventajas durante la carrera de profesor están relacionadas con la producción en investigación. Si la enseñanza ya no es atractiva para algunos profesores que ingresan en el cuerpo de profesores de instituciones superiores, es probable que se mantenga una cierta inercia con respecto a la apropiación de conocimientos actuales sobre la enseñanza de Ciencias. Sin negar la relevancia de la investigación, incluso para la capacitación del formador, una gran dedicación a ella es, paradójicamente, un problema particular en la enseñanza. Una de las formas indicadas en la literatura para promover aprendizajes relacionados con actividades de los profesores es implicarlos en trabajos desde la perspectiva del profesor-investigador (Abell, 2005), aun cuando esto pueda parecer contradictorio con lo antes expuesto, esto es, favorecer la enseñanza a través de la investigación.

Por lo tanto, hay situaciones-límite relacionadas con el concepto de que las actividades de investigación son más nobles que la enseñanza, y que así dificultan la apropiación del discurso educativo, especialmente en relación con la experimentación en la enseñanza de la Química. Esta supervaloración es más una situación-límite que debe ser considerada y problematizada en los procesos de formación del profesorado, en vista de que sería una manera de estimular la problematización acerca de las actividades experimentales.

Situaciones-límite: aprendizajes poco relacionados con los resultados de la investigación en la enseñanza de Ciencias

Los formadores revelaron aspectos de su aprendizaje acerca de los experimentos que parecen derivados de un escenario de poco prestigio de los conocimientos producidos por la investigación en la enseñanza de Ciencias y Educación. Ese poco «prestigio» se relaciona con otro aspecto mencionado anteriormente, es decir, la baja valoración de la profesión de profesor. Es un escenario que incluye, entre otras cosas, cursos de pregrado, cursos de posgrado y docencia. Probablemente la mayoría de los profesores entrevistados no participaron, durante el pregrado, en las discusiones sistemáticas sobre las actividades experimentales, tal como se sostiene en una declaración: «No me acuerdo que se hubiera discutido el papel de la experimentación en la enseñanza en cualquier asignatura de la licenciatura» (P5). Esta ausencia de debate puede indicar que las asignaturas de contenidos específicos constituyen un espacio de aprendizaje sobre la experimentación. El contexto histórico en el que hicieron el curso de pregrado

9. CAPES tiene como líneas de acción, por ejemplo, evaluar el posgrado (maestría y doctorado) e invertirá en la formación de recursos humanos a nivel nacional y en el extranjero.

estaba fuertemente marcado por las influencias de la racionalidad técnica y, por tanto, tenían menos asignaturas sobre la enseñanza de la Química: «... yo tuve, creo, cuatro asignaturas de enseñanza de la Química en el curso de pregrado, ¿no?» (P3). En otras palabras, los cursos en los que tomaron parte posiblemente se basaban en el modelo 3+1¹⁰ de formación inicial. Aunque durante la licenciatura tuvieron el privilegio de estudiar los conocimientos diseminados en la literatura sobre las actividades experimentales en la enseñanza de Ciencias, es posible imaginar que dicho estudio fue abordado desde enfoques tales como el del descubrimiento, ya que los efectos de los proyectos de Norteamérica (Chemical Education Material de Study-CHEMS) y los británicos (cursos Nuffield) parecen ser fuertes y duraderos. Es importante anotar que estos proyectos tuvieron en su momento un gran impacto en la formación de profesores de Ciencias Naturales (Villani; Pacca; Freitas, 2009). Se suma a esto el hecho de que hasta finales del siglo pasado el número de doctores en la enseñanza de la Química era significativamente pequeño en Brasil (Schnetzler, 2002); por lo tanto, había una situación desfavorable en comparación con los conocimientos actuales sobre la experimentación en la enseñanza de las Ciencias derivados de la investigación en el área de enseñanza de las Ciencias.

En la actualidad, los programas de maestría y doctorado contienen muchas prácticas de profesores, pero las limitaciones de dichas prácticas quedan evidenciadas en el relato de un profesor:

Yo hice el pregrado [en la ciudad X], donde hemos seguido este tipo de modelo [de experimento], siempre funcionó. Luego, con los años, se ha mantenido este modelo, que tiene resultado y nos hemos adaptado un poco a él. (...) Cuando llegué aquí era monitor, uno de estos monitores [de posgrado] es como la práctica de profesores en otras universidades (...) solo que (...) no era requerido por CAPES. Y hemos trabajado así, entonces. Es más o menos un modelo de trabajo que viene de la institución [L]... (P1).

El profesor describe una situación que poco contribuye a la problematización de las actividades experimentales, porque a pesar de los conocimientos producidos por la investigación en la enseñanza de Ciencias sobre las actividades experimentales, la manera de desarrollarlas en el pregrado está más o menos perpetuada por el posgrado. Por lo tanto, las prácticas de docencia se interpretan de la forma como fueron reportadas: un problema. Se trata de una actuación «descuidada» en el aula, sin una reflexión teórica sobre la base de las investigaciones sobre la enseñanza de Ciencias. Esto puede explicar por qué el modo de llevar a cabo experimentos en un área particular de la Química persiste incluso cuando el posgrado «incentiva» el estudio sobre la formación de profesores. La comprensión de las prácticas de profesores como un momento de «imitación de modelo» prevalece, pero sus limitaciones conllevan efectos conocidos, como el hecho de no proporcionar a los estudiantes herramientas teóricas para analizar críticamente las prácticas de enseñanza (Pimenta y Lima, 2004). Esto no significa, sin embargo, que no analicen la forma de enseñar de sus profesores. Más bien, lo interpretan con sus conocimientos, que no son necesariamente compatibles con los producidos por la investigación en el campo educativo. Cabe señalar, también, que las prácticas de profesores no ocurren en un «vacío teórico». Con demasiada frecuencia esas prácticas están guiadas por un conocimiento que expresa el entendimiento de una enseñanza de sentido común.

Las pocas oportunidades para la formación de profesores en la práctica refuerzan el aula como una imitación de modelos y, por tanto, fomentan la reproducción de los experimentos:

Así, por ejemplo, cuando me contrataron aquí (...). «Bueno, mañana va a dar clases». «Pero, ¿de qué?». «Ah, de tal cosa. Luego va allí». «Pero, ¿qué hay allí?». «Está todo listo allí, usted agarra las cosas y hace». Luego se va allá, y repite lo mismo. Luego viene el año siguiente y usted dice: «Bueno, ¿qué vamos a

10. En el modelo 3+1 de formación inicial, las asignaturas de contenido específico (Química Orgánica, Inorgánica, etc.) se concentran, generalmente, en los tres primeros años del curso; las pedagógicas (Didáctica General) e integradoras (Práctica de Enseñanza de Química), en los últimos semestres.

hacer? Vamos a hacer lo mismo. Está funcionando, entonces es eso lo que hay que hacer». (...) alguien pone en un libro, por ejemplo, libro de Instrumental, pone allí un experimento diferente que extrajo de una revista dedicada a la enseñanza de la Química, lo adaptó y puso allí. Entonces nosotros empezamos a adoptarlo (P3).

Este contexto de poco incentivo a la formación de profesores contribuye a que el profesor se apoye casi enteramente en las propuestas de experimentos presentadas en los libros de texto de las asignaturas. Sin embargo, hay una variedad de sugerencias para las actividades experimentales en las revistas especializadas que pueden ser explotadas por los profesores. Si los profesores realmente no interactúan con las revistas de enseñanza de Ciencias, debemos reflexionar sobre las causas de este problema. La inercia histórica, aunque no se puede generalizar, es una de las posibles causas del problema. Esta inercia puede estar relacionada con la no identificación de los experimentos llevados a cabo en el pregrado, lo que representa un reto, un tema de estudio que necesita una problematización en los procesos formativos.

Se entiende que la formación de los profesores investigados se dio en un contexto en el que aprender sobre las actividades experimentales en la enseñanza de la Química parece no haber estado basado en los resultados de la investigación en enseñanza de Ciencias. Este escenario contribuye a que la enseñanza se consolide como una actividad basada en la «imitación de modelos de enseñanza», una situación-límite que perjudica la problematización de las actividades experimentales.

Situaciones-límite: el texto de experimentación difundido

Aunque los textos referentes a la experimentación no han sido muy problematizados por los profesores, algunos de estos señalaron los artículos con propuestas de experimentos como parte de una situación-límite. La causa de esta situación-límite puede ser la formación de los autores:

A veces, al escribir, cometemos esos errores, ¿no? Pero es porque no escribimos en «eduqués» [«lenguaje de la educación»], ¿verdad? Se escribe la Ciencia que uno cree que escribiendo a un colega que trabaja en la misma línea, ¿verdad? Pero hay que dejar la Química a un lado (P1).

El profesor reconoce las sugerencias de los experimentos que aparecen en la literatura como algo con apoyo mínimo en el discurso contemporáneo sobre la experimentación en la enseñanza de la Química. Esto puede estar relacionado con la formación del profesorado porque, como se dijo anteriormente, la discusión teórica acerca de las actividades experimentales está infravalorada. La divulgación en las revistas de propuestas de experimentos con determinadas características no parece ser problematizada por los revisores:

... Pero, este tipo de guión (...), este que le digo, encuentra más dificultades para que lo acepten en la revista. Se necesita convencer aún más a los *referees* para que se ponga un guión experimental o un experimento un poco más en abierto, ¿verdad? (P3).¹¹

El pasaje anterior nos permite interpretar que las características de una actividad experimental propuesta son compartidas por el autor y sus destinatarios. El hecho de que ciertos revisores no necesariamente se apropiaron de los conocimientos actuales sobre la experimentación es una situación-límite en la difusión de las propuestas de experimentos. Teniendo en cuenta que cada texto tiene un destinatario (Bakhtin, 2003), el autor debe estar atento, no solo a los lectores en general, sino también

11. El profesor parece referirse a revistas como *Química Nova*, que no son exactamente sobre enseñanza de Ciencias.

a los revisores, y esto puede influir en la organización del artículo, de manera que este no exprese, en absoluto, las ideas de sus elaboradores.

Además de las publicaciones especializadas, los libros de Química utilizados en los cursos de pregrado pueden contribuir muy poco a la realización de experimentos «innovadores»:

Pero, difícilmente un libro, que es la principal fuente de (...) inspiración para la mayoría de las asignaturas, tiene un guión con una propuesta totalmente nueva. La mayoría de los libros de texto tiene un guión estructurado (P3).

Los libros utilizados en la educación superior tienen un papel no insignificante en el proceso de apropiación de contenidos por los estudiantes. No obstante, ocasionan una situación-límite, pues los libros utilizados en la educación superior parecen no «incorporar» el discurso actual sobre las actividades experimentales. De manera similar a lo que sucede con los experimentos propuestos en las revistas, es probable que la organización de los libros de Química para la educación superior pueda estar influenciada por los editores. Lo cual significa que, a pesar del posible esfuerzo del autor para integrar los experimentos en armonía con los debates contemporáneos en la enseñanza de Ciencias, esto no necesariamente sea lo que se ve en los libros. El profesor sugiere tácitamente la necesidad de repensar la hegemonía de los libros en el proceso de planificación de la experimentación. En cierto modo, reconoce que, aunque hay situaciones-límite relacionadas con la proposición de experimentos publicados en revistas, tales experimentos pueden representar un avance con relación a lo establecido.

Hay una difusión amplia y constante en la literatura que apunta a las posibilidades metodológicas relativas a actividades experimentales que merecerían ser incorporadas en las clases de Química en la educación superior, tal como la experimentación a través de la resolución de problemas (Merino y Ferrero, 2007; Hofstein *et al.*, 2005; Reigosa Castro y Jiménez Alexandre, 2000; Gil Pérez *et al.*, 1999; de Jong, 1998) y el uso de los recursos informáticos asociado a los experimentos (Hodson, 1998; Baggott, 1998). Sin embargo, las literaturas nacional (Grandini y Grandini, 2004) e internacional (Hirvonen y Viiri, 2002; Afonso y Leite, 2000) han señalado una fuerte presencia de enfoques empirista-inductivistas sobre la experimentación en los cursos de educación superior en el área de las Ciencias Naturales.

En suma, los formadores destacan problemas en el desarrollo y la difusión de propuestas de experimentos. Un aspecto es la no «incorporación», a veces, del discurso contemporáneo de la experimentación en las propuestas publicadas en artículos y libros. Esto demuestra la necesidad de tomar los textos con experimentos como objetos de problematización en la formación del profesorado.

CONSIDERACIONES FINALES

Sobre la base del análisis, se indica la posibilidad de que un mismo profesor posea diferentes puntos de vista epistemológicos sobre la forma de entender los experimentos en la Ciencia y en la Educación. Los profesores también pueden expresar diferentes puntos de vista sobre las actividades experimentales, que no se limitan a una influencia del empirismo. Esto estuvo relacionado con algunas contradicciones que necesitan ser explotadas en los procesos formativos, tales como la segregación de las asignaturas de contenido específico llamadas «teóricas», seguidas por las correspondientes «experimentales». Los análisis indican la necesidad de promover la identificación y la problematización de la comprensión epistemológica acerca de la experimentación entre los profesores de Química.

Las situaciones-límite –estructuras institucionales, la colectividad y la cohesión suprimidas, la investigación en detrimento de la enseñanza, aprendizaje poco relacionado con los resultados de la investigación en la enseñanza de Ciencias, el texto de experimentación difundido– en la propagación de

conocimientos sobre experimentación necesitan ser estudiadas y problematizadas. Cabe destacar que parte de las situaciones-límite exploradas en los resultados ya han sido abordadas de modo generalizado en la literatura que trata sobre la pedagogía universitaria. Por otro lado, ciertas situaciones-límite muestran carácter más novedoso, por ejemplo la asociada con el texto de experimentación difundido. Las mismas contradicciones tratadas anteriormente muestran que los profesores pueden ser «influidos» por un «pluralismo epistemológico» y, por tanto, no solo debe ser problematizada una visión empirista de las actividades experimentales.

Es importante señalar que, de acuerdo con Freire (2005), el inédito viable percibido en el momento de enfrentarse a una situación-límite puede ser, para muchos individuos, una situación-límite que se debe evitar. En el caso de la experimentación, estos individuos seguramente ven como situaciones-límite, por ejemplo, los estudios sistemáticos sobre las actividades experimentales en los programas de posgrado en Química. Para el mismo individuo, el desequilibrio entre la enseñanza y la investigación, en favor de esta última, también es algo que se debe mantener en las instituciones de educación superior, para obstaculizar el aprendizaje de contenidos relacionados con la enseñanza en general. En resumen, las acciones que buscan concretar el inédito probablemente son acompañadas de otras promovidas por los sujetos a fin de conservar las situaciones-límite que les benefician.

De todas formas, una de las posibilidades señaladas en la literatura (Abell, 2005), y respaldada por Freire (1996) al hacer hincapié en que la enseñanza demanda investigación, es la idea de la investigación como principio formativo, es decir, la figura del profesor-investigador. Para fomentar la práctica de la investigación en la educación –en el caso de esta investigación, la investigación sobre la experimentación en la enseñanza de Química– entre los profesores que trabajan en disciplinas de contenido específico, parece necesario que ellos puedan alcanzar una conciencia máxima posible (Freire, 2005) acerca del propio proceso de formación docente, a fin de propiciar una visualización del inédito viable, a saber, la investigación del profesor –en este caso, del formador–. Cabe señalar que esta práctica del profesor-investigador no fue explícitamente señalada por las personas entrevistadas.

El problema no es realmente que la experimentación se convierta en un contenido en la formación de los formadores y en la formación de los futuros profesores, sino que se torne un contenido explícito en los estudios de pregrado y posgrado. Tácitamente, las actividades experimentales estuvieron presentes como contenido en la formación profesional de los formadores y en la formación de los futuros profesores, de modo que ellos han aprendido acerca de dicho contenido, en muchos casos, incluso sin haberlo estudiado de forma explícita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELL, S. (2005). University Science Teachers as Researchers: Blurring the Scholarship Boundaries. *Research in Science Education*, 35, pp. 281-298.
- AFONSO, A. S. y LEITE, L. (2000). Concepções de professores de Ciências Físico-Químicas sobre a utilização de atividades laboratoriais. *Revista Portuguesa de Educação*, 13(1), pp. 185-208.
- ANDRADE, J. B.; CADORE, S.; VIEIRA, P. C.; ZUCCO, C. y PINTO, A. C. (2004). A formação do químico. *Química Nova*, 27(2), pp. 358-362.
- AULER, D.; MUENCHEN, C.; FORGIARINI, M. S.; GEHLEN, S. T.; GRIEBELER, A.; SANTINI, E. L.; STRIEDER, R. B. y VEDOTO SCHENEIDER, C. (2005). Transporte particular x coletivo: intervenção curricular pautada por interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra (VII Congreso), pp. 1-5.
- BACHELARD, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.

- BAGGOTT, L. (1998). Multimedia simulation: a threat to or enhancement of practical work in science education?, in Wellington, J. (ed.). *Practical Work in school science: which way now?* London: Routledge, pp. 252-270.
- BAKHTIN, M. (2003). *Estética da Criação Verbal*. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes.
- BARBOSA, N.; CAVALCANTI, E. S.; NEVES, E. A. L.; CHAVES, T. A.; COUTINHO, F. A. y MORTIMER, E. F. (2009). A expressividade do professor universitário como fator cognitivo no ensino-aprendizagem. *Ciência & Cognição*, 14(1), pp. 75-102.
- BRASIL (1996). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Lei n.º 9.394, 20 de dezembro de 1996.
- BRASIL (2001). Ministério da Educação. *Conselho Nacional de Educação*. Parecer CNE/CES 1.303, 2001.
- BRZEZINSKI, I. (2006). *Formação de profissionais da educação (1997-2002)*. Brasília: Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.
- CAMPANARIO, J. M. (2002). Asalto al castillo: ¿a qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp. 315-325.
- CAMPANARIO, J. M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de Ciencias sobre la didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp. 319-328.
- COELHO, J. C. (2005). A chuva ácida na perspectiva de Tema Social: um estudo com professores de Química em Criciúma (SC). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- DE JONG, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de Química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 305-314.
- DELIZOICOV, D. (1991). Conhecimento, tensões e transições. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brasil.
- DELIZOICOV, D. (2005). Problemas e Problematizações, em Pietroclola, M. (ed.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis: Editora da UFSC, pp. 125-150.
- DELIZOICOV, D. (2008). La educación en Ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(2), pp. 37-62.
- DOMIN, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(74), pp. 543-547.
- FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H. y HARTWIG, D. R. (2008). Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências. *Química Nova na Escola*, 30, pp. 34-41.
- FREIRE, P. (1977). *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- FREIRE, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 30 ed. São Paulo: Paz e Terra.
- FREIRE, P. (2005). *Pedagogia do Oprimido*. 40 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- FREIRE, P. (2006). *Educação como Prática da Liberdade*. 29 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- FREIRE, P. y SHOR, I. (1986). *Medo e ousadia: o cotidiano do professor*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- GEHLEN, S. T.; AUTH, M. A. y AULER, D. (2008). Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a Educação em Ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), pp. 63-85. Disponible en línea: <http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen7/ART4_VOL7_N1.pdf>. Acceso: 15-11-2009.
- GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁ, C.; VALDÉS, P.; SALINAS, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; GUI SOLA, J.; GONZÁLES, E.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFFARD, M. y CARVALHO, A. M. P. (1999). ¿Tiene sentido

- seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.
- GOLDMANN, L. (1986). *Ciências humanas e filosofia*. 10 ed. São Paulo: Difusão Européia do Livro.
- GONÇALVES, F. P. y MARQUES, C. A. (2011). A problematização das atividades experimentais na educação superior em Química: uma pesquisa com produções textuais docentes. *Química Nova*, 34(5), pp. 899-904.
- GONÇALVES, F. P. y MARQUES, C. A. (2012). A problematização das atividades experimentais na educação superior em Química: uma pesquisa com produções textuais docentes – Parte II. *Química Nova*, 35(4), pp. 837-843.
- GRANDINI, N. A. y GRANDINI, C. R. (2004). Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(3), pp. 251-256.
- HIRVONEN, P. E. y VIIRI, J. (2002). Physics student teachers' ideas about the objectives of practical work. *Science & Education: contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*, 11, pp. 305-316.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3) pp. 299-313.
- HODSON, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory, in Wellington, J. (ed.). *Practical Work in school science: which way now?*. London: Routledge, pp. 93-108.
- HOFSTEIN, A.; NAVON, O.; KIPNIS, M. y NAAMAN-MAMLOK, R. (2005). Developing student' ability to ask more and better questions resulting from inquiri-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), pp. 791-806.
- KUHN, T. S. (1975). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectivas.
- LEACH, J. (2002). The use of secondary data in teaching about data analysis in a first year undergraduate biochemistry course, in Psillos, D. y Niedderer, H. (eds). *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 165-178.
- MERINO, J. M. y FERRERO, F. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 6(3), pp. 630-648. Disponible en línea: <<http://saum.uvigo.es/reec/volumenes6/ART9VOL6N3.pdf>>. Acceso: 15-11-2008.
- MORAES, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, 9(2), pp. 191-211.
- MORAES, R. y GALIAZZI, M. C. (2007). *Análise Textual Discursiva*. Ijuí: Editora Unijuí.
- PIMENTA, S. G. y ANASTASIOU, L. G. C. (2002). *Docência no ensino superior*. v.1. São Paulo: Cortez.
- PIMENTA, S. G. y LIMA, M. S. L. (2004). *Estágio e docência*. São Paulo: Cortez.
- REIGOSA CASTRO, C. E. (2006). Una experiencia de investigación acción acerca de la redacción de informes de laboratorio por alumnos de Física y Química de primero de Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), pp. 325-336.
- REIGOSA CASTRO, C. E. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 275-284.
- SANTOS, W. L. P. (2009). Scientific Literacy: a freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93, pp. 361-382.
- SCHNETZLER, R. P. (2002). Pesquisa em Ensino de Química no Brasil: Conquistas e Perspectivas. *Química Nova*, 25 (Suplemento 1), pp. 14-24.
- SILVA, R. M. G. y SCHNETZLER, R. P. (2005). Constituição de professores universitários de disciplinas sobre o ensino de Química. *Química Nova*, 28(6), pp. 1123-1133.

- SILVA, W. B. y DELIZOICOV, D. (2008). Problemas e problematizações: implicações para o ensino dos profissionais da saúde. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 1(2), pp. 14-28.
- VILLANI, A.; PACCA, J. L. A. y FREITAS, D. (2009). Science Teacher Education in Brazil: 1950-2000. *Science & Education: contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*, 18(1), pp. 125-148.
- WELLINGTON, J. (1998). Practical Work in science: time for reappraisal, in Wellington, J. (ed). *Practical Work in school science: which way now?* London: Routledge, pp. 3-15.
- ZABALZA, M. A. (2004). *O ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas*. Porto Alegre: Artmed.

ANEXO 1

Cuestionario de la entrevista con los formadores de los componentes curriculares de contenido específico. La entrevista se basó inicialmente en la lectura de un artículo puesto por adelantado a disposición de los profesores. Este artículo está disponible en línea: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n1/14314.pdf>>.

- ¿Cuál es su opinión general sobre el experimento divulgado en el artículo?
- ¿Hay algún aspecto que no esté contemplado en el artículo que usted considera importante en el desarrollo de la actividad experimental? ¿Cuál(es)?
- ¿Cuáles son sus comentarios sobre las posibles presuposiciones en relación con la enseñanza, el aprendizaje y la ciencia manifiestas en la propuesta del experimento, y sobre los problemas de seguridad en el laboratorio y con respecto a los residuos?
- ¿Cómo realizaría usted el experimento descrito en este artículo? O bien, ¿cómo desarrolla usted por lo general los experimentos?
- ¿Por qué desarrollaría usted la actividad experimental de esa forma?
- ¿Cuándo y por qué comenzó usted a escribir propuestas de actividades experimentales?
 - ¿Podría describir cómo el pregrado y el postgrado contribuyeron, o no, a su aprendizaje sobre el papel de los experimentos en la enseñanza de la química?
- ¿Hay otros momentos en su trayectoria profesional y en su formación escolar que hayan contribuido a su aprendizaje sobre el papel de los experimentos en la enseñanza de la química? ¿Si no los hubo, considera usted importante que sean construidos momentos de aprendizaje sobre el papel de la experimentación en la enseñanza? ¿Cómo, en su opinión, debería haber sido construido ese momento?

THE PROBLEMATIZATION OF EXPERIMENTAL ACTIVITIES IN TEACHING AND IN TRAINING FOR CHEMISTRY TEACHER TRAINERS

Fábio Peres Gonçalves
fabio.pg@ufsc.br

Carlos Alberto Marques
bebeto@ced.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil

Keywords: experimentation; chemistry teacher trainers' professional development; higher education teaching

The aim of this study is to contribute to thoughts on methodological approaches to experimentation as part of the process in the development of professional teacher-training courses for teaching staff and trainee teachers of Natural Science and, particularly, Chemistry. To this end, it investigates how these processes can aid learning around experimental activities in Science teaching. Semi-structured interviews were conducted with professors of specific content curricular components (5) and integrated curricular components (5). For reasons of space, this paper only presents the analysis of information from the interviews with professors of specific content curricular components; the remainder of the analysis will be released in a future publication. The analysis of the qualitative information was guided by “discursive text analysis” procedures. The main theoretical perspective for the interpretation of this information was Paulo Freire’s approach, with a focus on problematization and limit-situation categories.

Initially of note is that the people involved in the study set out visions and activities on the experimental processes in the Chemistry teacher training that were fraught with contradictions. An example is one of the interviewees who showed a virtually empirical understanding of the scientific experiments. In conducting the experiments in the scope of teaching, however, his report revealed that he had drifted away from this understanding, despite the starting point being a theory which the student had supposedly taken on board. On the other hand, there are indications in the statements of interviewees that –whether in the teaching and learning process or in Science, experimentation is interpreted from an epistemological perspective that does not shut out empirical influences. The information provided by interviewees is an indication of the need in the professional development of Chemistry teacher trainers to think about their understanding of experimentation, including exploring even the contradictions.

“Limit situations” were identified relating to learning about experimentation. For example, interviewees highlighted several problems associated with institutional infrastructure that make it hard to conduct experiments. Most acknowledged that the shortage of material resources in this infrastructure is one of the problems. The lack of collective action and lack of complicity between further education teachers and their students was also seen as an impediment to conducting experiments that they judged to be innovative. Research as the expense of teaching was characterized as a limit-situation, as it hinders the appropriation of educational discourse, and more specifically of experimentation in Chemistry teaching. It is a limit-situation that needs to be carefully considered in teacher training procedures, and should favour consideration of experimental activities. This limit-situation is related to another that includes knowledge of experimentation that comes from a background of little prestige to knowledge produced by research in Science teaching and education. Finally, it discusses the limit-situation of non-”incorporation” through contemporary discourse on experimentation in proposals for experimental activities published in relevant articles and books. This underscores the need to treat the texts on experiments as objects for problematization in teacher training processes.

Irrespective of how a study on experimentation in professional development and teacher training develops, it is certain that the experimentation goes beyond training teachers and trainers in (at least implicit) quality control, given that it has been methodologically developed in the formative procedures in order to teach scientific content. However, the question is not that experimentation may become a repository for professional development and their actions with students, but that it may become explicit in the Chemistry Licentiate and Post-graduate courses, among other important spaces for professional training development. Finally, it should be stressed that there is a need to consider experimental activities in professional Chemistry teacher training development and in the training of trainee teachers as a way of helping to resolve a clash of issues relating to experimentation in Science education.