



BITÁCORA DE LABORATORIO: UNA INVESTIGACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN NIVEL SUPERIOR

Resumen

Las actividades experimentales en la enseñanza de la química en la educación superior han sido criticadas, entre otros motivos, porque se alejan de las consideraciones derivadas de investigaciones en el área de enseñanza de las ciencias. Ante esto, el objetivo del presente estudio fue analizar las aportaciones de la bitácora de laboratorio utilizada en una asignatura de química general del curso de grado en Química de una institución brasileña. Participaron un total de 27 estudiantes. Las bitácoras de laboratorio elaboradas colectivamente en dos clases fueron sometidas a los procedimientos de análisis textual discursivo. Se señala que las bitácoras de laboratorio pueden favorecer una interlocución con los conocimientos de los estudiantes así como discusiones de carácter epistemológico sobre la experimentación.

Palabras clave: experimentación, educación superior, enseñanza de la química.

LABORATORY DIARY: A RESEARCH ON HIGHER EDUCATION IN CHEMISTRY

Abstract

Experimental activities in higher education in chemistry have been criticized, including for distancing themselves from research considerations in the area of science education. Therefore, the objective of this work was to analyze contributions from a laboratory diary used in a general chemistry course in a chemistry graduate course at a Brazilian institution. Twenty-seven students participated in the study. The diaries produced collectively in two classes were submitted to the procedures of discursive textual analysis. It's pointed out that the laboratory diaries can favor an interlocution with the students' knowledge, as well as discussions of epistemological character regarding the experimentation.

Keywords: experimentation, high education, chemistry teaching.

Autor: Fábio Peres Gonçalves*

* Dep. de Química,
Centro de
Ciencias Físicas y
Matemáticas de
la Universidad
Federal de
Santa Catarina,
Florianópolis,
Brasil.



BITÁCORA DE LABORATORIO: UNA INVESTIGACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN NIVEL SUPERIOR

Introducción

Las bitácoras de los científicos son objeto de investigación de áreas como la historia y la sociología de la ciencia, entre otras. Se puede citar, por ejemplo, el trabajo de Palmer, Hochman y Arbex (2010) que examinaron la bitácora de un científico canadiense llamado Robert J. Wilson, relativa a su viaje a Brasil, en el contexto de un programa de erradicación de la viruela. Los autores señalan la importancia de establecer relaciones, a partir de las memorias registradas en la bitácora, entre la visita científica y la complejidad del contexto cultural del país en el momento de la visita. También se debe mencionar el examen de una bitácora elaborada por el científico, médico e higienista brasileño Oswaldo Cruz en una expedición a varios puertos de Brasil (Lima, 1997). A su vez, Dias y Martins (2004) utilizaron, entre otros documentos, la bitácora de laboratorio del notable Michael Faraday con la intención de estudiar su trabajo sobre electromagnetismo e indicar, a partir de ello, las posibilidades de abordar la historia de la ciencia en la educación científica.

Esos trabajos están acotados por el análisis de un material que a menudo constituye la práctica de los científicos: la bitácora. Son indicios de que las actividades desarrolladas por los científicos no se reducen a una aplicación de procedimientos experimentales. No hace muchos años, Sutton (2002) puso de manifiesto la importancia de que profesores de ciencias naturales enseñan que, para un científico, hablar y escribir es tan importante como manejar equipos de laboratorio. Por tanto, un argumento que se desarrolla en el presente estudio se refiere al uso de las bitácoras en experimentos de un laboratorio didáctico como una forma de corroborar lo defendido por Sutton (2002), entre otros aspectos.

Sobre la base de lo anterior, el objetivo de la investigación fue analizar las posibles contribuciones de una bitácora de laboratorio utilizada en una asignatura de química general de un curso de grado en Química. De esta manera, se ha tratado de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles son las aportaciones de una bitácora de laboratorio utilizada en una asignatura de química general en la educación superior? De esta forma, la bitácora fue utilizada como una herramienta pedagógica y como un instrumento para obtener informaciones cualitativas para la investigación, como se explicará a continuación.

Consideraciones teórico-metodológicas

La propuesta llevada a cabo en este trabajo toma como referencia la discusión sostenida en la literatura sobre los diarios de clase. Zabalza (2004), por ejemplo, señala que escribir en los diarios puede ser tarea de estudiantes así como de profesores. En el contexto de esta investigación, la escritura en el documento era algo exclusivo de los estudiantes y tenía como propósito tomar apuntes relativos a lo que se realizaba en la actividad experimental – de acuerdo a lo que se expondrá a continuación – o en palabras del autor, “para registrar el progreso de la clase”. Zabalza (2004, p. 24) reconoce que “el diario

puede llegar a ser también el registro más o menos sistemático de lo que sucede en nuestras clases. Podría ser utilizado individualmente o en grupo [...]" Sin que la escritura individual de los estudiantes en los diarios sea una condición *sine qua non* para su producción, se optó por pedir a los estudiantes que hiciesen registros en ese documento a partir del trabajo en parejas.

Además, los diarios de clase pueden ser explorados como artefactos asociados a la investigación (Zabalza, 2004). En este trabajo se utilizó la bitácora de laboratorio como elemento constituyente del proceso educativo y como medio de obtención de informaciones cualitativas. Las bitácoras de laboratorio traen informaciones que representan una "visión de primera mano".

En este estudio se emprendió el análisis de las bitácoras de laboratorio elaboradas en el contexto de la actuación docente del investigador, compartiendo la idea que pone de manifiesto la relevancia del diario de clase en la revisión de la práctica profesional (Zabalza, 2004). El trabajo se ajusta a la perspectiva del profesor-investigador difundida en la literatura con respecto a la formación de profesores.

Se tiene conocimiento de la pléthora de investigaciones sobre diarios de clase en la formación del profesorado, especialmente en cursos dedicados a la enseñanza y la formación pedagógica de los estudiantes (Benite et al., 2014; Gonçalves et al., 2008; Copello, 2005). En ese marco hay indicios de que la utilización de diarios en asignaturas destinadas a la enseñanza de los llamados contenidos específicos (química, física, etc.) – como ocurrió en este estudio – es algo aún incipiente.

Por otro lado, se conoce investigaciones que tratan de analizar las producciones textuales de los alumnos – aunque no a través de las bitácoras de laboratorio – como resultado de la realización de actividades experimentales. Mendonça, Cordeiro y Kiill (2014) asocian el diagrama V de Gowin¹, a partir de la reformulación de la propuesta original, a la producción de informes sobre actividades experimentales de química en la educación superior. Las autoras llaman la atención sobre las contribuciones del uso de dicho diagrama para que los alumnos identifiquen teorías, modelos y principios asociados a los contenidos estudiados. Por su vez, Reigosa Castro (2006) analizó la redacción de los informes de investigación resultantes de la realización de actividades experimentales por estudiantes españoles. También con apoyo de la literatura, el autor señala que la práctica de escritura posibilita tanto aprendizajes relacionados con la comunicación como asociados con otros contenidos estudiados. Se suma a esto la defensa del autor en favor de una escritura que favorezca la apropiación de los géneros científicos, a semejanza de aquél presente en los informes de actividades experimentales. Reigosa Castro (2006) llegó a la conclusión, entre otras cosas, que la mejora en la escritura de los informes de los estudiantes está vinculada a la mediación del docente. En cierta medida, lo que presenta el autor se acerca al argumento de Sutton (2002), es decir, la escritura es una actividad importante en la práctica científica y los estudiantes necesitan aprender sobre ella. La producción de rante las actividades experimentales también se basa en este argumento.

Las actividades experimentales promovidas en el contexto de la investigación no seguían una sola orientación metodológica. Ellas fueron realizadas de acuerdo con los temas de discusión presentes en la literatura sobre la didáctica de la ciencia, como la valoración de los conocimientos iniciales de los estudiantes, la interacción entre los estudiantes y la reflexión sobre lo que se está haciendo y el porqué de dichos procedimientos (Gonçalves y Marques, 2012, 2011; Reigosa Castro y Jiménez Aleixandre; 2000, Hodson, 1994).

¹ Se puede encontrar explicaciones acerca del diagrama V de Gowin en la misma referencia de las autoras.

Las bitácoras de laboratorio fueron producidas en dos clases de una misma asignatura de química general desarrollada en un laboratorio como parte de un curso de licenciatura en Química de una universidad brasileña. Esa era la primera asignatura en laboratorio cursada por los estudiantes de esa carrera, que se desarrolla en forma paralela a otra asignatura de química general teórica bajo la responsabilidad de otro profesor distinto del responsable de la asignatura experimental y con diferentes contenidos de química general. Participaron en la investigación 12 estudiantes de la clase A y 15 de la clase B. Todos firmaron el Término de Consentimiento Libre y Aclarado. El profesor responsable de la asignatura experimental es el autor del presente estudio. Los estudiantes no utilizaban, hasta entonces, bitácoras de laboratorio en otras asignaturas del curso y recibieron orientación con respecto al uso de este instrumento por parte del profesor de la asignatura - conforme se explica más adelante -, toda vez que no tenían experiencia de escribir en bitácoras de laboratorio. Se entiende que los conocimientos de los estudiantes sobre cómo escribir en bitácoras de laboratorio han sido perfeccionados a lo largo de la asignatura gracias al propio acto de elaborar la bitácora de laboratorio y por la consiguiente discusión sobre ella. Además, se supone que la evolución del conocimiento acerca de cómo escribir en la bitácora de laboratorio, sería favorecida si otras asignaturas utilizasen este instrumento en la realización de actividades experimentales.

Se realizaban semanalmente tres clases consecutivas de 50 minutos (un total de 150 minutos) y los estudiantes desarrollaban los experimentos en parejas formadas libremente. A lo largo del semestre se realizaron 12 actividades experimentales en cada clase. Los contenidos estudiados en los experimentos fueron: cifras significativas, medidas y tratamiento de datos; calibración de equipos volumétricos; temperatura de fusión; calor de reacción; densidad de líquidos y sólidos; cromatografía en papel; masa molar y gases; preparación de soluciones; ácidos y álcalis; reacción de síntesis; equilibrio químico; recristalización; y tratamiento de residuos. Cada actividad experimental poseía un procedimiento previamente disponible para que los estudiantes lo utilizasen durante la realización de la actividad experimental. En cada experimento la pareja podía escribir en la bitácora de laboratorio a modo de revisar cómo se realizó el experimento, lo que habían aprendido, las preguntas sobre el contenido y los procedimientos experimentales. Cada pareja podía escribir en la bitácora de laboratorio dos veces durante la asignatura. La justificación para la restricción en el número de registros por pareja en la bitácora de laboratorio está basada en el hecho de que después de cada actividad experimental había una cantidad de registros escritos que el profesor de la asignatura consideraba razonable para promover su análisis y, a partir de ellas, organizar la discusión en la próxima clase referente al experimento. Las parejas fueron instruidas a escribir por segunda vez en la bitácora de laboratorio sólo después de que los demás alumnos ya hubieran hecho por lo menos un registro escrito en la bitácora de laboratorio. Eventualmente, en el caso de ausencia de algún estudiante, se podía formar grupos hasta de tres personas para redactar la bitácora de laboratorio. Los registros en la bitácora de laboratorio tenían que ser realizados durante el desarrollo de la actividad experimental.

Al final de la clase se entregaba la bitácora de laboratorio al profesor y, en la clase siguiente, antes de iniciar una nueva actividad experimental y cuando lo consideraba necesario el profesor promovía una discusión previamente planificada con todo el grupo sobre el contenido de la bitácora de laboratorio. La bitácora de laboratorio cumplía una función pedagógica.



Un ejemplo de cómo se promovía tales discusiones puede ser aquel referente a la actividad experimental sobre cifras significativas, medidas y tratamiento de datos. En uno de los registros en la bitácora de laboratorio, los estudiantes no calcularon el dígito dudoso en la medida hecha con un termómetro y en otro registro calcularon una segunda cifra también dudosa en una medida realizada con el mismo termómetro. Ambos casos estaban en desacuerdo con lo estudiado para la realización de la actividad experimental. En el inicio de la clase siguiente, antes del desarrollo de otra actividad experimental acerca de la temperatura de fusión, en la cual sería necesario el registro de medidas realizadas con un termómetro, a partir de los registros de la pareja en la bitácora de laboratorio el profesor discutió nuevamente con la clase sobre cifras significativas, medidas y tratamiento de datos, incentivando a los estudiantes a explicitar sus conocimientos acerca de las medidas hechas con termómetros. La misma pareja hizo una anotación al final de la bitácora de laboratorio sugerente para una discusión de carácter epistemológico relativa al papel de la pregunta asociada a la experimentación: "Surgió la pregunta acerca de si la masa y el volumen de agua destilada son iguales en número". Ya estaba prevista en el plan del profesor una discusión sobre los experimentos guiados por un problema a ser investigado, a fin de valorar el papel de la pregunta/problema en el proceso de construcción del conocimiento. La actividad experimental respecto de la temperatura de fusión estaba dirigida por las siguientes cuestiones que los estudiantes necesitarían responder: ¿Cuál es la temperatura de fusión, determinada experimentalmente, del naftaleno? La muestra de naftaleno en que se realizó la determinación del punto de fusión ¿puede considerarse una sustancia pura? Justifique. Consideraciones de naturaleza epistemológica relativas al papel de la pregunta/problema en la construcción del conocimiento están en armonía con una de las categorías de análisis presentadas en esta investigación - el propio fragmento citado arriba es discutido en el análisis. Sin embargo, fue el análisis sistematizado de las bitácoras de laboratorio, sobre la base de los procedimientos del análisis textual discursivo explicados en breve, el que trajo una comprensión más adecuada de cómo las bitácoras de laboratorio pueden contribuir a las discusiones. Por otra parte, se entiende que esto es acorde con la idea ya expuesta sobre la importancia del análisis del diario de clase y de la investigación asociada a las actividades del profesor para la revisión de la práctica profesional.

Al mismo tiempo, las bitácoras de laboratorio se han constituido en herramientas para la obtención de informaciones cualitativas y, en función de ello, fueron sometidas a los procedimientos de análisis textual discursivo (Moraes y Galiazzi, 2007). La primera etapa, llamada unitarización, consistió en la fragmentación de las bitácoras de laboratorio en unidades de significado cuyo análisis constituye la finalidad de la investigación. En la siguiente etapa, la de categorización, los fragmentos fueron agrupados según sus semejanzas. Se optó por la construcción de categorías emergentes que, de acuerdo con Moraes y Galiazzi (2007) se construyen a partir de las unidades de significado obtenidas en el paso anterior. Por otra parte, cabe señalar que las categorías emergentes no se construyen en el vacío teórico. De lo contrario, se valoraría una supuesta neutralidad del proceso interpretativo y, como se sabe, la lectura se ve influida por los conocimientos del investigador. El examen de las categorías emergentes justifica el hecho de que no se presentará en este artículo una sección previa con un marco teórico vinculado a categorías *a priori* que no hayan sido utilizadas. La validación de las categorías emergentes está relacionada, entre otros aspectos, con los argumentos utilizados en la interpretación de

los fragmentos extraídos de la fuente de informaciones cualitativas (Moraes, 2003). En la última etapa, la de comunicación, se ha escrito en cada categoría textos descriptivos e interpretativos. Las categorías de análisis son: la bitácora de laboratorio como indicadora de los conocimientos de los estudiantes; y el potencial de la bitácora de laboratorio para fomentar los debates epistemológicos sobre experimentación. Se resalta que se utilizó el análisis textual discursivo de modo semejante a otras investigaciones acerca de la experimentación, como las de Firme y Galiazz (2014) y Gonçalves y Marques (2013).

Análisis de las informaciones cualitativas

A continuación, son discutidas las mencionadas categorías de análisis. A los estudiantes se les asignó letras del alfabeto.

La bitácora de laboratorio como indicadora de los conocimientos de los estudiantes

En esta categoría son abordados los conocimientos que los estudiantes presentaron en la bitácora de laboratorio. Allí se incluye el conocimiento que los alumnos ya tenían independientemente de la asignatura así como aquel derivado de la apropiación por parte de los estudiantes a través de los experimentos. En este trabajo no se evalúa particularmente el desarrollo del conocimiento de los estudiantes. Aquí se comparte una comprensión amplia que afirma que el aprendizaje se puede caracterizar como un proceso que implica el cambio y la permanencia de ciertos conocimientos (FREIRE, 1977). Por el contrario, la ingenuidad tecnicista cree que en el proceso educativo se sustituye directamente "el conocimiento antiguo" por "nuevos conocimientos" (FREIRE, 1977). Hay desde luego un vasto campo de investigación sobre el aprendizaje conceptual en el contexto específico de la enseñanza de las ciencias naturales que refuerza la idea de que existen diferentes niveles de apropiación de los contenidos estudiados por los alumnos (MORTIMER, 2000).

De este modo, fue posible identificar el conocimiento inicial de los alumnos. Una pareja escribió el siguiente apunte:

La primera medida obtenida fue la del **agua pura**, alcanzando una temperatura ambiente que oscilaba entre **18,9 °C** y **19 °C**. Tras de la adición de hielo percibimos que la temperatura disminuyó, alcanzando [aproximadamente] **3,03 °C**, se añadieron 4 cucharadas de cloruro de sodio, con un resultado inicial de **2,1** y final de **2,9**, el cloruro hizo que la temperatura del agua aumentase en un periodo de **1 a 2 minutos**. Se concluye que el hielo hace que disminuya la temperatura y el cloruro de sodio sirve para reducir la variación de temperatura. Toda esta experiencia se relaciona con los efectos de las propiedades coligativas [...] (A y B).

El guión de clase indicaba que se debería hacer mediciones de la temperatura del agua destilada. Se puede inferir que los estudiantes consideran el agua destilada como agua pura. Esta es una indicación de que el conocimiento inicial de los estudiantes sobre el agua destilada es algo que necesitaba ser enriquecido. Enseguida, los estudiantes exponen sus registros de la temperatura del agua: 18,9 °C y 19 °C. Se observa que, en una de las



medidas ($18,9^{\circ}\text{C}$), los estudiantes han estimado una cifra dudosa (9), de acuerdo con la precisión del instrumento. Sin embargo, en el registro de la segunda temperatura (19°C), los estudiantes no toman nota de la cifra dudosa, lo cual evidencia sus conocimientos iniciales sobre el registro de las temperaturas observadas en los termómetros. En otro momento han estimado más cifras que la precisión del instrumento permite: $3,03^{\circ}\text{C}$. La cifra dudosa fue uno de los contenidos de clase. Por último, los estudiantes demuestran los límites de su conocimiento inicial para la interpretación, pues cuando se añadió hielo y cloruro de sodio no se registró resultado negativo en la temperatura del agua, como estaba previsto. Este fue un caso en el que los estudiantes colocaron una gran cantidad de agua y una pequeña proporción de hielo, de modo que la adición de cloruro de sodio no dio lugar a una reducción de la temperatura por debajo de 0°C .

En otro experimento sobre la densidad de las soluciones y la calibración del picnómetro, una pareja expone sus conocimientos iniciales acerca del agua pura:

Preparamos soluciones de sacarosa en diferentes concentraciones para calibrar el picnómetro con la solución azucarada, comparando con la calibración del agua pura. Para preparar la solución de sacarosa pesamos una cantidad (x) 6 veces en un vaso de precipitados, disolvimos una parte en agua destilada, con la ayuda del embudo se transfirió al matraz volumétrico de 100 mL, se lavó el vaso de precipitados y el embudo con la ayuda del matraz de lavado, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad posible de sólidos hasta completar los 100 mL del matraz volumétrico. [...] aprendimos a determinar la densidad de líquidos y sólidos en función del volumen con ayuda de un instrumento llamado picnómetro, **también descubrimos que incluso en agua destilada hay gases disueltos.** Por estos métodos también es posible determinar la masa de las soluciones (C y D).

Se mantiene el conocimiento inicial de los estudiantes en la obtención relativamente simple de agua pura. Ellos entienden que calentar el agua destilada hasta el punto de ebullición² les permitirá obtener "agua pura". Sin embargo, ya muestran indicios de aprendizaje, puesto que no se refieren al agua destilada como agua pura. Lo cual puede ser interpretado, en alguna medida, de acuerdo con lo que expone Mortimer (2000) teniendo como base la revisión de la literatura correspondiente. Según el autor, los estudiantes no abandonan inmediatamente sus conocimientos previos y tienden a vincular nuevos conocimientos con aquellos que ya traen consigo, construyendo de esta manera un conocimiento mixto. Cabe señalar que hubo una interpretación equivocada acerca del procedimiento en sí, pues la calibración del picnómetro ocurrió con el agua destilada calentada hasta el punto de ebullición – con posterior enfriamiento a temperatura ambiente – pero no con la preparación de las soluciones de sacarosa.

También fue posible identificar el uso de un lenguaje que puede tener relación con las llamadas "concepciones alternativas" sobre transformaciones químicas:

[...] obtuvimos el compuesto [...] sulfato doble de aluminio y potasio [...] se puede decir que se completó el objetivo del experimento, ya que conseguimos [...] transformar el aluminio de latas en sulfato doble de potasio y aluminio [...] (E y F).

² Durante el procedimiento de calibración del picnómetro, se calentó una muestra de agua destilada hasta el punto de ebullición dentro de un determinado periodo, y enseguida la misma fue enfriada hasta temperatura ambiente, de manera natural.



Se ha caracterizado en la literatura la comprensión de los estudiantes acerca de las transformaciones químicas. Andersson (1990) clasifica estos entendimientos a través de las siguientes categorías: desaparición, desplazamiento, modificación, transmutación e interacción. La categoría transmutación incluye los entendimientos relativos a la idea de la materia que se convierte en otra materia, o a la materia que se transforma en energía y viceversa. Así, en el fragmento anterior se expresa este entendimiento cuando se afirma: “[...] conseguimos [...] transformar el aluminio de latas en **sulfato doble de aluminio y potasio** [...]”. En este lenguaje son dejados de lado los otros reactivos, salvo el aluminio, para la obtención de un sulfato doble de aluminio y potasio. Se estima que el entendimiento expresado en ese pasaje puede estar relacionado con un problema identificado en la literatura: el hecho de que las comprensiones de los estudiantes acerca de las transformaciones químicas se sustenten en el nivel macroscópico (Rosa y Schnetzler, 1998). En el experimento en cuestión las únicas sustancias en estado sólido fueron el aluminio (reactivo) y el sulfato doble de aluminio y potasio (producto).

Otro conocimiento inicial observado ataúe a la falta de distinción entre diluir y disolver: “[...] pesamos 0,4 g de NaOH. Con 50 mL de agua destilada diluimos NaOH, enseguida colocamos la solución en un matraz volumétrico” (G y H). Desde el punto de vista de la química, diluir es un procedimiento que implica la preparación de una solución con la disminución de su concentración. Por tanto, lo que los estudiantes hicieron fue disolver el hidróxido de sodio para preparar una solución y no una dilución.

Los estudiantes no sólo explicitan conocimientos iniciales acerca de los contenidos conceptuales. También muestran indicios de conocimientos sobre contenidos de procedimientos, tales como la dilución de ácidos:

El último procedimiento consiste en la preparación de 100 mL de ácido acético [...] a partir de ácido acético concentrado. Después de hacer los cálculos, **pusimos 0,57 mL de ácido acético en un vaso de precipitados y [lo] diluimos en 50 mL de agua destilada**. Se transfirió la solución a un matraz volumétrico y se completó con agua hasta llegar a los 100 mL (G y H).

A pesar de que los estudiantes fueron instruidos para añadir el ácido al agua y no al revés, tal como está escrito, hay el registro de un procedimiento que no corresponde a lo esperado en la preparación de soluciones ácidas a partir del concentrado. Como se sabe, la adición de agua en ácido concentrado puede causar accidentes – lo que no ocurrió – debido al calor resultante del proceso.

En el siguiente fragmento, los estudiantes dan indicios de apropiación de conocimiento sobre recristalización:

[...] se puede purificar una muestra sólida o incluso **determinar si una muestra es pura o no** [...]. Esta, aún así, puede ser considerada una práctica útil y muy instructiva para el estudio de la recristalización y de la purificación de compuestos (L, M e N).

Los estudiantes dan a entender que comprenden que un proceso de purificación no implica necesariamente una muestra pura.

En otro registro queda aún más clara la necesidad de proseguir con la discusión de conocimientos que los alumnos ya han desarrollado:



[...] goteamos NaOH hasta que la solución adquiriese un color rosado. **Una de las propiedades fenolftaleína es que se pone rosada en presencia de NaOH.** Con esos valores (cantidades gastadas de NaOH, ácido oxálico y fenolftaleína) calculamos la concentración de NaOH de la solución (G y H).

Los estudiantes exponen la comprensión de que es suficiente la simple presencia de hidróxido de sodio en la solución acuosa para que la misma se ponga rosada en presencia de fenolftaleína. Esto tiene una cierta incoherencia con el propio procedimiento de estandarización desarrollado durante la actividad experimental, pues en la medida en que se añade hidróxido de sodio la solución no cambia de color inmediatamente.

Por lo tanto, la bitácora de laboratorio puede ser un medio para identificar continuamente los conocimientos de los alumnos, ya sea los que traen consigo, independientemente del proceso educativo, o los relacionados con su aprendizaje. La bitácora de laboratorio puede favorecer el debate con los alumnos a partir de sus conocimientos, a fin de mejorar no solamente la interacción entre los estudiantes durante el registro, sino también la interacción de estos con los otros miembros de la clase e incluso con el profesor. Con ello, se toma distancia de la comprensión de que el único momento para discutir con los estudiantes sobre sus conocimientos es al comienzo de una actividad. Los estudiantes también pueden ser llevados a reflexionar sobre el lenguaje empleado en la redacción de la bitácora de laboratorio.

El potencial de la bitácora de laboratorio para fomentar los debates epistemológicos sobre experimentación

Los registros fueron indicios de comprensiones de naturaleza epistemológica concernientes a la experimentación. Esto puede favorecer un abordaje docente no solo de los productos de la ciencia sino también de sus procesos – especialmente en lo que se refiere a la experimentación. Cabe señalar que dichos registros fueron más incipientes y a veces aparecían de manera tácita. El fragmento citado a continuación permite desarrollar discusiones sobre la relación entre la observación y la interpretación: “[...] hicimos nuestra primera reacción de neutralización [...] en la cual no se puede observar bien la formación de sal, probablemente por la gran cantidad de solvente” (G y H). Los estudiantes exponen una expectativa que surge cuando se añade ácido clorhídrico en una muestra de hidróxido de sodio, es decir, la “visualización” del cloruro de sodio. Sin embargo, se trata de un producto bastante soluble en agua y, en este experimento, no se debería esperar su “visualización”. Tal vez en esa afirmación se encuentra subyacente la idea de que el experimento es capaz de mostrar lo que se estudia en la teoría o, incluso, la teoría en sí. De hecho, la idea de “ver la teoría en la práctica” es un objetivo atribuido a las actividades experimentales por los profesores de las ciencias naturales que perdura (GALIAZZI et al., 2001; HODSON, 1994). Hanson (1975) llamó la atención sobre el hecho de que la observación y la interpretación son inseparables. En parte, “ver” significa interpretar algo mediante determinados conocimientos. El autor afirma que un científico observa de forma diferente a alguien que no se apropió de conocimientos científicos. Por lo tanto, la expectativa de los estudiantes puede encontrar respaldo tanto en sus



conocimientos teóricos como en cierta comprensión del objetivo de las actividades experimentales, que en este caso estaría asociada a la idea de que es posible “ver la teoría en la práctica”.

Asimismo, se da a entender implícitamente la relación entre observación y conocimientos teóricos:

[...] pusimos cromato [...] luego añadimos nitrato de bario. Hemos observado que la reacción generaba un producto amarillo turbio (precipitado). Añadimos HCl a la mezcla, y nos dimos cuenta de que volvía a su estado inicial, o sea, ha vuelto a ser cromato [...] En un tubo de ensayo limpio, colocamos 10 gotas dicromato, y se añadió HCl y luego $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, entonces percibimos que no había ocurrido ninguna alteración. **Se observó que un error puede haber ocurrido en el procedimiento realizado (A y B).**

La conclusión de los estudiantes sobre el resultado que ellos esperaban que hubiera sucedido y que no sucedió, puede estar asociada a sus conocimientos teóricos. Esta consideración es coherente con la hipótesis de que las actividades experimentales no tienen lugar en un vacío teórico. Por consiguiente, se contraviene el razonamiento empírico-inductivo de que, a través de la experiencia sensible (observación neutral), con seguridad el individuo obtendrá conocimiento.

Hay algunas consideraciones relativas a la pregunta:

[...] se investigó el peso de 1 gota de agua destilada. En primer lugar, se midieron la masa del vaso de precipitados y su masa con 50 gotas, obteniendo, mediante esos cálculos, el resultado de que la masa de una gota es de 0,03 g. **Surgió la pregunta acerca de si la masa y el volumen de agua destilada son iguales en número (A y B).**

Bachelard (1996) enseñó que la génesis del conocimiento está en la pregunta. Las preguntas en un experimento pueden contribuir a una práctica en armonía con las discusiones de la epistemología contemporánea.

En resumen, lo expuesto en la bitácora de laboratorio puede ser tomado por el profesor como objeto de discusión sobre la naturaleza epistemológica de la experimentación. Los registros sugieren una discusión acerca de aspectos como la relación entre la observación y la interpretación, y la intervención de la pregunta en el proceso de construcción de conocimiento.

Consideraciones finales

De lo expuesto se desprende que la bitácora de laboratorio se ha constituido en un instrumento provechoso para favorecer la exposición de los conocimientos iniciales, percatarse de indicios relacionados con procesos de aprendizaje e impulsar debates epistemológicos sobre la experimentación. De acuerdo a ello, en la categoría “la bitácora de laboratorio como indicadora de los conocimientos de los estudiantes” fue posible identificar el potencial de la bitácora de laboratorio para establecer un debate no sólo respecto de los contenidos conceptuales sino también de los contenidos procedimentales. Se destaca que no se ha identificado explícitamente la exposición de conocimientos de los estudiantes en relación a contenidos actitudinales. Lo cual sugiere la necesidad de

repensar la forma de orientar la escritura en la bitácora de laboratorio, para favorecer la exposición y consecuentemente el debate de conocimientos relativos a estos contenidos. Es urgente la discusión explícita de contenidos actitudinales en actividades experimentales de química cuando consideramos, por ejemplo, cuestiones referentes a la generación y al tratamiento de residuos - si ellos no son deliberadamente evitados. En cuanto a la categoría "el potencial de la bitácora de laboratorio para fomentar debates epistemológicos sobre experimentación" fue posible identificar en la bitácora de laboratorio un catalizador de la discusión acerca de algo que, desde hace mucho tiempo, es señalado en la literatura en didáctica de las ciencias: la enseñanza de ciencias/química necesita contribuir al aprendizaje de los productos de la ciencia/química y de sus procesos. Se entiende que el debate epistemológico acerca de la experimentación, incentivado por el propio desarrollo de actividades experimentales, es una manera de colaborar con el aprendizaje de los procesos de la ciencia, a fin de distanciarse de la crítica a la visión empírico-inductivista.

Una perspectiva de investigación vinculada a las bitácoras de laboratorio puede ser el análisis de cómo su producción por los estudiantes puede favorecer a largo plazo el aprendizaje de tales aspectos relacionados con la comunicación y con los propios contenidos disciplinares. Esto sería similar a lo realizado por Reigosa Castro (2006) en relación al examen de la redacción de informes de investigación provenientes de la realización de actividades experimentales. Para ello, sería necesaria la organización de una nueva forma de elaboración de las bitácoras de laboratorio, diferente de aquella adoptada en este trabajo.

A pesar de estimarse previamente que los conocimientos de los estudiantes acerca de la escritura en las bitácoras de laboratorio han sido favorecidos por la asignatura, se reconoce que el aprendizaje sobre cómo escribir en las bitácoras de laboratorio podría ser potenciado o analizado de forma más sistematizada si los estudiantes tuvieran la oportunidad de elaborar más registros escritos en las bitácoras de laboratorio durante la asignatura. La restricción en el número de registros por pareja en la bitácora de laboratorio, aunque justificada, constituye un probable límite.

Las contribuciones de la bitácora de laboratorio pueden ser tomadas como indicadoras de su uso en la promoción de actividades experimentales. No son raras las críticas al desarrollo de éstas en la educación superior, sobre todo cuando se limitan a la ejecución de procedimientos experimentales para la comprobación de los resultados previstos por la teoría. El análisis de la bitácora de laboratorio muestra el potencial de este dispositivo para ser utilizado y colaborar en el desarrollo de experimentos, a fin de alejar las críticas a la experimentación en la enseñanza de las ciencias.

La exploración de la bitácora de laboratorio de diversas maneras y su respectivo análisis pueden señalar nuevas contribuciones. En particular, es preciso hacer hincapié en que la escritura puede ser tomada por el profesor como una práctica en armonía con lo realizado por los químicos en sus investigaciones en los laboratorios, valorando así la escritura científica y no solo la realización de procedimientos experimentales.

Referencias

- Andersson, B. (1990). Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, p. 53-85.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro, Brasil: Contraponto.

- Benite, A. M. C., Batista, M. A. R. S., Silva, L. D. y Benite, C. R. M. (2014). O diário virtual coletivo: um recurso para investigação dos saberes docentes mobilizados na formação de professores de química de deficientes visuais. *Química Nova na Escola*, 36(2), 61-70.
- Copello, M. I. (2005). "Diarios" y "articulo" en la practica docente del profesor/a de biología. In: Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 7, 2005, Granada. *Atas...* Disponible em: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_or-les/3_Relacion_invest/_3/copello_794.pdf. Acesso em: 01 mar. 2007.
- Dias, V. S. y Martins, R. A. (2004). Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. *Ciência & Educação*, 10(3), 517-530.
- Firme, M. V. F. y Galiazzi, M. C. (2014). A aula experimental registrada em portfólios coletivos: a formação potencializada pela integração entre licenciandos e professores da escola básica. *Química Nova na Escola*, 36(2), 144-149.
- Freire, P. (1977). *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro, Brasil: Paz e Terra.
- Galiazzi, M. C., Rocha, J. M. B., Schmitz, L. C., Souza, M. L., Giesta, S. y Gonçalves, F. P. (2001). Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores. *Ciência & Educação*, 7(2), 249-263.
- Gonçalves, F. P., Fernandes, C. S., Lindemann, R. H. y Galiazzi, M. C. (2008). O diário de aula coletivo no estágio da Licenciatura em Química: dilemas e seus enfrentamentos. *Química Nova na Escola*, 30, 42-49.
- 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), 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), 837-843.
- Gonçalves, F. P. y Marques, C. A. (2013). Problemática de las actividades experimentales en la formación y la práctica docente de los formadores de profesores de Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 67-86.
- Hanson, N. R. (1975). Observação e interpretação. En: Nagel, E. y Morgenbesser, S. *Filosofia da ciência* (pp. 127-138). São Paulo, Brasil: Cultrix.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Lima, A. L. G. S. (1997). A bordo do Brasil: diário pessoal da expedição de Oswaldo Cruz aos portos marítimos e fluviais do Brasil. *História, Ciências, Saúde, IV(1)*, 159-167.
- Mendonça, M. F. C., Cordeiro, M. R. y Kiill, K. B. (2014). O uso do diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de química geral. *Química Nova*, 37(7), 1249-1256.
- 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, Brasil: Unijuí.
- Mortimer, E. F. (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte, Brasil: Ed. UFMG.



- Palmer, S., Hochman, G. y Arbex, D. (2010). Erradicando a varíola, visitando laboratórios e um pouco de turismo: notas de viagem de um cientista canadense ao Brasil. *História, Ciências, Saúde, 17*(3), 777-790.
- 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), 275-284.
- 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), 325-336.
- Rosa, M. I. F. P. S. y Schnetzler, R. P. (1998). Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola, 8*, 31-35.
- Sutton, C. (2002). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias, 21*(1), 21-25.
- Zabalza, M. A. (2004). *Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional*. Porto Alegre, Brasil: Artmed.