

Desarrollo del conocimiento profesional docente sobre espectroscopía durante un proceso de investigación-acción

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Development of teacher professional knowledge about spectroscopy during an action research process

Alberto J. Lescano¹, Germán H. Sánchez^{2,3} y Ma. Gabriela Lorenzo^{3,4}

¹Universidad Autónoma de Entre Ríos, Facultad de Ciencia y Tecnología, Cátedra de Astrofísica. Ruta Provincial 11, Km. 10,5, Oro Verde, Entre Ríos. Argentina.

²Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Cs. Biológicas, Departamento de Química General e Inorgánica. Ciudad Universitaria, Santa Fe. Argentina.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

⁴Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, Junín 956, CP1113, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

E-mail: glorenzoffyb@gmail.com

Resumen

En este trabajo se plantea un estudio cualitativo que documenta el conocimiento profesional de un docente que se inicia en la investigación en educación científica. Para ello, se partió de una experiencia diseñada para la enseñanza de la espectroscopía en una clase de Física de nivel medio, se planteó una investigación-acción que permitiera la reflexión sobre su propia práctica, llevando la experiencia personal a un objeto a analizar. Se presentan los procesos involucrados en la selección del tema, la base para el diseño e implementación de la actividad práctica y las observaciones del docente.

Palabras clave: Enseñanza de la Física; Investigación-Acción; Espectroscopia; Reflexión sobre la práctica docente; Educación científica.

Abstract

In this paper, we present a qualitative study about the documentation of a teacher's professional knowledge when he begins to research in science education. Based on an experience carried out for the teaching of spectroscopy in secondary school level Physics lessons, an action-research about his own practice was carried out, taking the experience as an object of analysis. The processes involved in the selection of the topic, the basis for the design and implementation of the practical activity and the observations of the teacher are described.

Keywords: Physics teaching; Investigation action; Spectroscopy; Reflection on the teaching practice; Scientific education.

INTRODUCCIÓN

La educación científica ha alcanzado reconocimiento académico a nivel mundial de la mano con la consolidación de distintos programas de doctorado. En nuestro país, por ejemplo, desde hace más de diez años funciona el Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales de la Universidad Nacional del Litoral con sede en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas (Universidad Nacional del Litoral, 2012), y en la Universidad Nacional de Córdoba, fue creado recientemente el Doctorado en Educación en Ciencias Básicas y Tecnología con sede en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FaMAF, 2012). Así, la investigación en este campo del conocimiento se expande e impregna en las aulas particulares de aquellos que se han comprometido en la misión de convertirse en investigadores. Sin embargo, el proceso de transformación de un docente en un investigador de su propia práctica, aunque a menudo ha sido reclamado y promovido, sigue siendo un tema pendiente.

Una característica típica de los programas de formación docente, incluso de los cursos de actualización, es que los contenidos se presentan de forma fragmentada. Por un lado, se incluye la base de conocimiento profesional de forma genérica (no específica del contenido) y normativa. Mientras que, por otro lado, los cursos de temas específicos son desarrollados por investigadores o expertos en la disciplina en cuestión (Gil Pérez y otros, 1999). Es poco frecuente encontrar propuestas integradoras que abarquen ambos tipos de conocimiento en un diseño coherente. Sin embargo, la comunidad educativa espera que los docentes logren ese conocimiento combinando sus aprendizajes por sí mismos en lugar de cooperar en su desarrollo. En este sentido, nuestro propósito principal es estudiar si la forma en que alguien se convierte en investigador en educación científica podría influir en el conocimiento didáctico del contenido (CDC) personal del docente (Shulman, 1986) para ofrecer una descripción más completa del modelo de CDC.

Inicialmente, Shulman explicitó la diferencia entre el conocimiento de la disciplina *per se* y el conocimiento pedagógico de la disciplina, lo que permite distinguir entre un profesor de ciencias de un científico (Garriz y otros, 2014; Park y Chen, 2012). Nuevas reconsideraciones de este modelo han introducido diferentes componentes para el CDC, y sus interrelaciones, nuevas etiquetas y orientaciones para impulsar la investigación y el uso de este modelo (Magnusson y otros, 1999; Gess-Newsome, 2015). Pero en la mayoría de estos casos, se utilizaron como fuentes de información programas de formación docente (inicial y en ejercicio) (Berry y otros, 2015; Gess-Newsome y otros, 2017; Stender y otros, 2017).

Wongsopawiro y otros (2017) han centrado su investigación en la identificación de las formas en que ocurren los cambios en el CDC de profesores de nivel secundario durante una capacitación de desarrollo profesional. Al igual que Park y Oliver (2008), consideran que la práctica y la reflexión son dos maneras de permitir a los docentes construir conocimiento (figura 1). Y, en este sentido, la investigación-acción ofrece una oportunidad para que los docentes mejoren su enseñanza (Latorre, 2005).

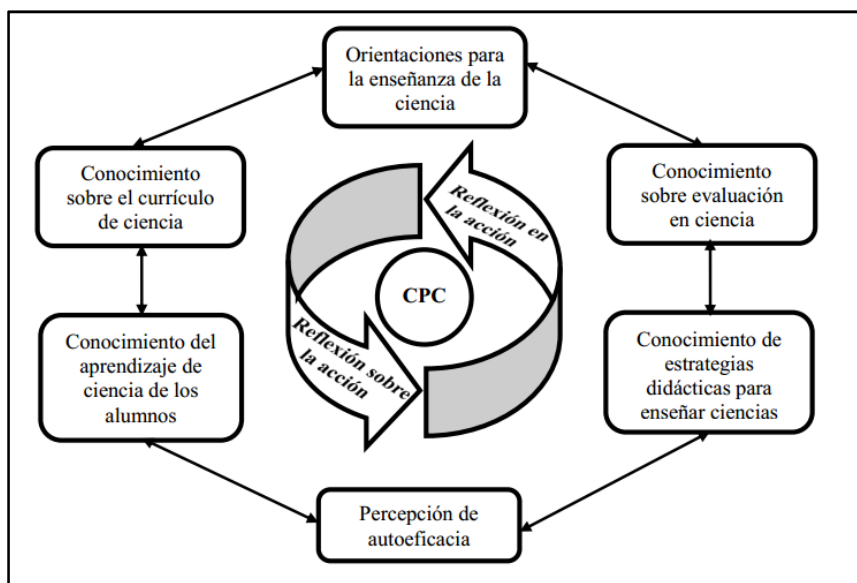


FIGURA 1. Componentes del CDC correspondientes al modelo hexagonal de Park y Oliver (2008). Imagen obtenida de Farré y Lorenzo (2009).

Consecuentemente, en este estudio se centró la atención en el proceso que sigue un profesor de Física como persona que aprende desde una perspectiva de investigación-acción, con el apoyo del equipo de investigación de un proyecto más amplio sobre CDC.

Por otro lado, en el vasto campo de la teoría psicológica, han sido descriptos varios tipos de conocimiento: conocimiento fáctico, conceptual, procedimental y metacognitivo; y dado que el CDC es un conocimiento complejo, podemos considerar que combina componentes de todos estos tipos de conocimiento en proporciones y mezclas variadas. Además, el conocimiento metacognitivo, también llamado conciencia metacognitiva, es realmente importante para desarrollar el CDC personal, ya que incluye tanto el conocimiento de las estrategias de enseñanza, como las condiciones para usarlas de manera efectiva, y el conocimiento sobre su propio accionar (Pintrich, 2002).

En consecuencia, nuestro trabajo tiene como propósito exponer los procesos a través de los cuales un profesor de Física de nivel secundario comienza a repensar su propia práctica desde la perspectiva de la investigación en educación en ciencias. Cuando indagamos sobre la motivación del docente para llevar a cabo una nueva actividad práctica para sus alumnos, sus dificultades para planificarla, sus consideracio-

nes para llevarla a cabo y el conocimiento que construye a lo largo de ese proceso, estamos teniendo en cuenta los procesos que forman parte del desarrollo del CDC de ese docente.

Los objetivos de este trabajo son:

1. Describir el proceso (o el recorrido) de transformación que sigue un profesor al convertirse en un investigador de su propia práctica.
2. Evidenciar sus creencias y orientaciones sobre la enseñanza acerca de un tópico particular de Física.
3. Promover el conocimiento metacognitivo a través de la reflexión sobre la acción como camino para el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades de investigación.

A partir de una experiencia de enseñanza de la espectroscopía en clases de Física en el nivel medio, donde se construyó un espectroscopio casero, se propuso una reflexión sobre la práctica para transformar la tarea pedagógica en un objeto de investigación para el docente. En este trabajo se describen los procesos involucrados en la selección del tema, la base para el diseño e implementación de la actividad práctica y las observaciones del docente. Para el diseño de la propuesta pedagógica, el profesor tuvo en cuenta dos aspectos complementarios, por un lado, el papel de las actividades prácticas de laboratorio para la enseñanza y el aprendizaje de la física (Carrascosa y otros, 2006); y, por otro, la necesidad de incorporar nuevas tecnologías como el uso de dispositivos móviles como herramientas experimentales en las clases de física (Klein y otros, 2014). El contenido abordado forma parte de un tema más amplio, la luz (física óptica), que es un fenómeno físico muy conocido y admite una amplia diversidad de propuestas de enseñanza, en particular, la realización de trabajos prácticos que incluyan situaciones problemáticas en donde los estudiantes puedan interactuar con el profesor, los compañeros y los materiales (Jaime y Escudero, 2011).

II. METODOLOGÍA

Este estudio se basó inicialmente en el instrumento de *representación de contenido* (ReCo) diseñado por Loughran y su equipo (Loughran y otros, 2004). Este instrumento es una herramienta reflexiva holística para hacer explícito el conocimiento y las concepciones que se tienen sobre un tema en particular (Nilsen y Elm, 2017). No obstante, se utilizó en un enfoque diferente, en lugar de ser aplicado en grupos de profesores para responder las preguntas, fue respondido por un solo docente como parte de un acto introspectivo y reflexivo. Entonces, de esta manera, la ReCo no documenta el conocimiento profesional específico del tema (TSPK) en el modelo Gess-Newsome (2015), sino que podría describirse como el CDC personal, que se refiere al conocimiento y experiencias individuales. Además, en un segundo paso, las preguntas iniciales se reforzaron con preguntas nuevas (preguntas subsiguientes) para alcanzar una mayor extensión de las respuestas (tabla I). En este caso, el instrumento ReCo se convirtió en un guion para pensar en el marco de una investigación-acción (Latorre, 2005). Finalmente, se incluyeron algunas preguntas metacognitivas para promover la reflexión sobre la clase y la propia experiencia.

Como parte de su carrera doctoral, Andrés, un profesor de física con seis años de experiencia docente, se unió a nuestro grupo de investigación acerca CDC para comenzar una investigación-acción sobre su propia práctica. Por lo tanto, se recopiló un corpus de datos en la interacción entre los investigadores y el profesor, constituido por la ejecución de la clase innovadora, el informe de esa experiencia y las respuestas escritas a todas las preguntas. En este primer enfoque exploratorio, se empleó una metodología cualitativa para detectar categorías plausibles para un análisis posterior.

En esta línea, él había decidido introducir una nueva actividad práctica para sus estudiantes sobre la dispersión de la luz que incluía la construcción de un espectroscopio hecho a mano (Heredia Avalos, 2009). Para ello, utilizó un modelo (figura 2) de uso libre realizando una traducción y simplificación de las instrucciones (Public Lab contributors, 2012).

TABLA I. Preguntas iniciales y posteriores para el análisis de la propia práctica (en acción).

	Preguntas iniciales	Preguntas subsiguientes
1.	¿Cómo se te ocurrió la idea de armar esta clase en particular?	¿Por qué elegiste trabajar específicamente con la construcción del espectroscopio? ¿En qué te basas cuando decís: "una enseñanza de la física de libro o muy teórica"? ¿Cómo son generalmente tus clases?
2.	¿Por qué crees que este tema es importante para tus estudiantes?	¿A qué te referís cuando decís: "mirada física de los estudiantes"? ¿Cuáles son los aprendizajes que esperás que tus estudiantes logren con esa experiencia? ¿Podría darnos algún ejemplo sobre "pensamiento crítico reflexivo" en este caso?
3.	¿Cómo diseñaste la actividad?	¿Qué fuentes consultaste para planificar la actividad? ¿Cómo las conseguiste? ¿Cómo empezaste a pensar en la actividad? ¿Qué significa que el alumno es "partícipe de la enseñanza misma"? ¿Qué querías compartir con tus estudiantes? ¿Qué factores tuviste en cuenta para planificar la actividad?
4.	¿Qué otras cosas aprendiste durante el diseño de la actividad que no incluíste en la práctica con tus alumnos?	¿Apareció alguna dificultad inesperada durante la clase?
5.	¿Cómo esperabas que reaccionaran tus alumnos frente a la propuesta?	¿Se cumplieron tus expectativas?
6.	¿Cuáles fueron las estrategias que utilizaste para la enseñanza de esa clase? ¿Por qué elegiste esas estrategias y no otras?	¿Podrías ampliar tu respuesta por favor?
7.	¿Cómo te das cuenta si tus estudiantes comprendieron el tema?	Si tus estudiantes no logran comprender lo que enseñás, ¿Qué hacés?
8.	¿Cómo evalúas el aprendizaje de tus estudiantes?	Si tuviera que repetir la experiencia con un nuevo grupo de estudiantes, ¿harías algún cambio? ¿Cuáles? ¿Por qué? Si otro docente de Física quisiera replicar su experiencia con su propio grupo de estudiantes, ¿qué consejos le darías?

Los alumnos de Andrés eran cinco jóvenes de 17 años aproximadamente de una escuela secundaria pública de un pequeño pueblo de la provincia de Entre Ríos, Argentina (tabla II). Luego, el profesor registró sus ideas y pensamientos al comienzo del curso (febrero-abril de 2018). El propósito de esto fue promover la autorreflexión sobre los procesos involucrados durante la creación y planificación de su clase. A la mitad del curso (junio de 2018), después de que se implementó la lección, se le presentó a Andrés un nuevo conjunto de preguntas metacognitivas para alentar la reflexión sobre la acción después de la clase y desarrollar su metaconocimiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las respuestas al cuestionario podrían revelar el conocimiento declarativo del profesor, quien valorizó la enseñanza experimental de Física y destacó el rol de guía de sus estudiantes durante los experimentos.

Aunque su diseño de las actividades se basó en el marco de los contenidos formales de la asignatura, Andrés mostró un gran interés en mejorar sus clases considerando las motivaciones de sus alumnos y su contexto socioeconómico. El escribió:

Lo primero que pensé fue en buscar algo que sea sencillo de hacer, que cualquier estudiante pueda realizarlo y que no tenga un costo elevado. Además, pensé la forma de poder utilizar las TIC (sus celulares o tablets) para obtener imágenes y guardarlas como registros.

Luego, busqué información bibliográfica en varios libros, como Sears Zemansky, y luego busqué ideas de Internet y en trabajos o documentos sobre el tema usando Google académico.

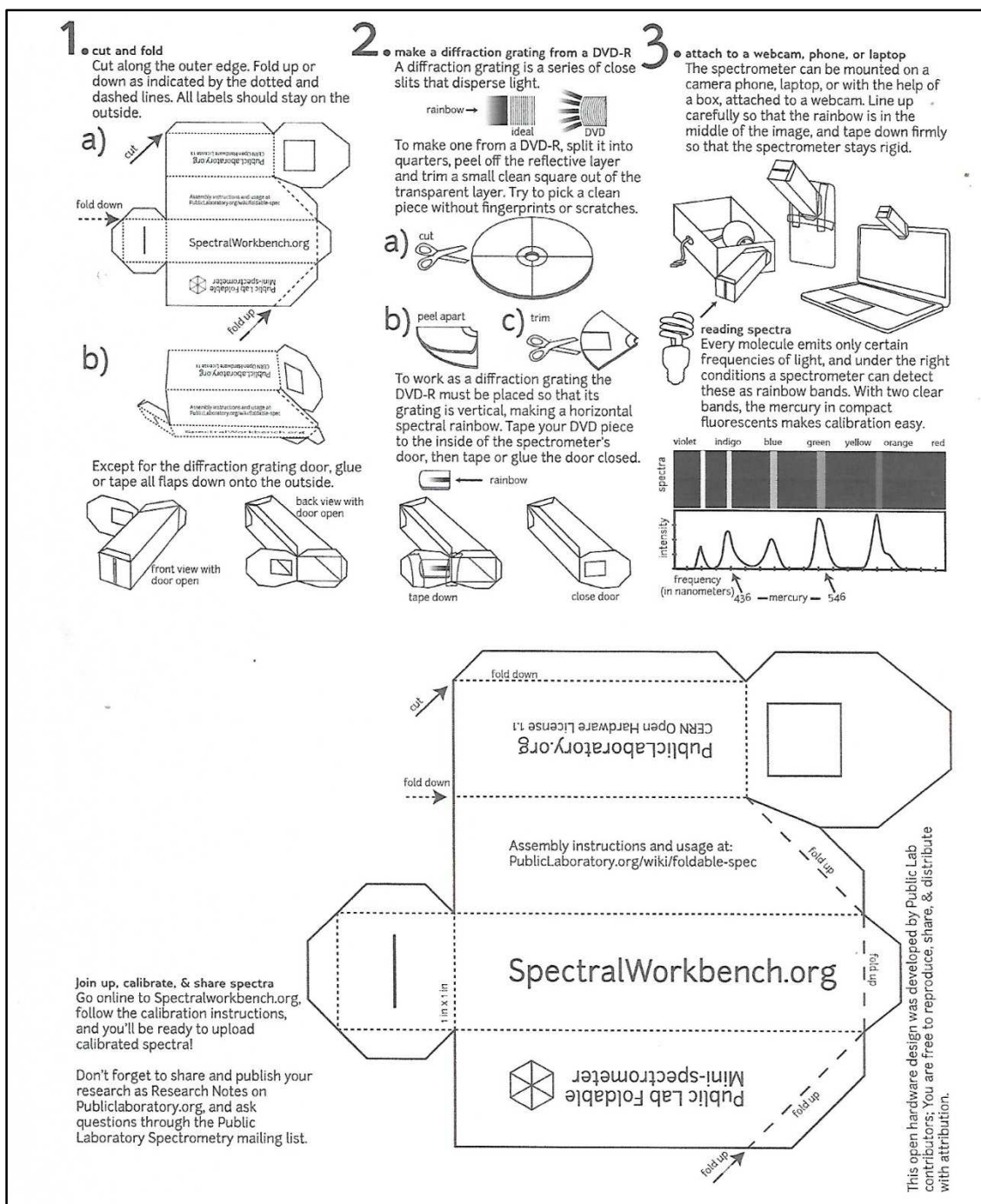


FIGURA 2. Esquema original del modelo para construir un espectroscopio(Public Lab contributors, 2012).

Andrés les dio un papel protagónico a sus alumnos en el laboratorio. Cuando escribí sobre el propósito de utilizar la construcción del espectroscopio casero, indico que lo realizó para permitir que los niños tuvieran "una experiencia personal en la construcción y en la recopilación de datos en una situación totalmente experimental" ya que es importante "que aprendan a observar el mundo natural y analizarlo al mismo tiempo que están descubriendo e interactuando con él. ¿De qué manera? Haciendo experimentos".

También mostró su conocimiento y pasión por enseñar Física y diversas formas de evaluar la comprensión de los estudiantes. Mencionó los siguientes indicadores que ayudaron a la evaluación del aprendizaje de los estudiantes: la forma en que los estudiantes tomaron notas; nivel de comprensión, nivel de abstracción y tipo de ideas seleccionadas por los estudiantes; expresión oral y escrita; preguntas planteadas sobre los contenidos; actividades de autorreflexión de los estudiantes; y nueva información sobre el tema proporcionada por los estudiantes.

TABLA II. Descripción técnica del trabajo práctico de laboratorio.

Nombre de la escuela	Escuela Kehler N°17
Lugar	Aldea Salto, Entre Ríos, Argentina (436 Km de CABA- 55 Km de la UNL)
Asignatura	Física II (último año de la Escuela Secundaria Orientada)
Edad de los estudiantes	~17 años
Título de la clase	Construcción de un espectroscopio casero
Materiales	Cartón negro, tijeras, pegamento, CD / DVD, cámara de fotos o teléfono inteligente. Imágenes de referencia impresas previamente. Modelo del espectroscopio
Tiempo	Duración de la actividad: 70 min. (clase matutina)
Instrucciones para los estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> - Cortá el cartón de acuerdo con el modelo proporcionado por tu profesor - Doblalo y pegalo con pegamento para obtener el espectroscopio - Hacé un pequeño corte en la parte frontal para permitir que la luz del sol pueda atravesarlo - Colocá el CD/DVD en ese corte para que la luz del sol impacte sobre él. Luego cerrá el espectroscopio. - Colocá el corte frontal cerca de la luz del sol. - Colocá la cámara fotográfica / teléfono inteligente en la parte superior para registrar el espectro de la luz. - Compara la imagen con las de referencia

De la misma manera, fue capaz de explicitar su conocimiento de la materia dando ejemplos específicos del tema como cuando comparó diferentes tipos de bombillas de luz (incandescentes tradicionales y LED) y su impacto en la temperatura ambiente. Otro aspecto que es significativo mencionar es la importancia dada por Andrés a los errores en la experimentación como una forma de construir nuevos conocimientos.

Sin embargo, sus respuestas expusieron algunas dificultades a la hora de explicar el fundamento de la innovación y algunas inconsistencias entre la propuesta de enseñanza y las expectativas de aprendizaje. De la misma manera, pudo ser capaz de reflexionar sobre sus nuevos aprendizajes técnicos, pero no sobre otros pensamientos y conocimientos más amplios llevados a cabo a lo largo del proceso completo. Cuando tuvo que responder sobre posibles modificaciones a esta lección en el caso de que tuviera que repetir la experiencia con un nuevo grupo de estudiantes, declaró:

Agregaría algunas preguntas teórico-prácticas sobre la experiencia [a los estudiantes] para que realicen problemas de papel de lo observado [en la actividad práctica].

Además del informe final que deben entregar durante la experiencia, preguntaría [a las autoridades] que este tema fuera incluido en una Feria de Ciencias, para que los estudiantes pudieran participar del proceso de la divulgación científica.

Cuando Andrés enunció algunos consejos para otros docentes que quieran realizar la misma propuesta, se centró la necesidad de extender el tiempo necesario para llevar a cabo la experiencia, al menos en tres encuentros. Un primer momento para presentar la idea y construir el espectroscopio. Una segunda clase para trabajar tomando imágenes de diferentes fuentes de luz, para comparar sus espectros; y, un tercero para evaluar el aprendizaje de los estudiantes.

Dos meses después de que la actividad estuvo terminada, Andrés tuvo la oportunidad de reflexionar sobre su propio proceso de enseñanza y aprendizaje a lo largo de la experiencia de investigación-acción. Cuando se enfrentó a la pregunta sobre sus sentimientos durante el proceso de investigación-acción de su práctica, expresó:

...esta experiencia me abrió la cabeza en el repensar de mis clases. Buscar siempre la forma de aplicar la teoría con experiencias. Y siempre registrar lo obtenido para lograr hacer una autoevaluación que motive a una mejor puesta a punto de las clases. Es como ponerse la camiseta del investigador y saber que uno puede hacer investigación sobre su propia práctica con el fin de mejorar, sin perder el foco del grupo con el cual se trabaja.

Cuando se le preguntó acerca de sus estudios de doctorado, declaró: *"El doctorado es todo un mundo. Siempre surgen nuevas ideas y me resulta difícil mantenerme enfocado (...) A veces, parece que uno quiere hacer todo, pero al mismo tiempo, no hacés nada".*

IV. CONCLUSIONES

Las recientes investigaciones sobre la formación de profesores de física han mostrado la relevancia de una actitud crítica en los profesores, y sugieren que el camino de la investigación puede ser de gran utilidad como guía para el desarrollo profesional docente (Viennot y Décamp, 2018).

En nuestro caso, la incorporación del profesor en el equipo de investigación y su participación en el registro de datos e información permitió hacer explícitas algunas acciones en el proceso de transformación del profesor como investigador de su propia práctica. En este recorrido, se destacan las habilidades y estrategias para la búsqueda de información, las dificultades para el registro de notas y datos, y el reconocimiento de obstáculos e imprevisto a lo largo del proceso investigativo. De la misma manera, la reflexión *en y sobre* la acción, permitió promover el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades de investigación promoviendo el conocimiento metacognitivo del docente.

La aplicación del modelo del CDC al estudio de las respuestas obtenidas empleando las estrategias de la investigación acción, sugiere que el conocimiento de Andrés fue modificado y enriquecido con nuevas estrategias para buscar información, diseñar prácticas innovadoras y, principalmente, para transformar la experiencia personal en un objeto a analizar. La sucesión de preguntas y respuestas pusieron de manifiesto la importancia que los docentes le confieren al conocimiento disciplinar y las dificultades para evidenciar y reflexionar sobre los conocimientos didácticos del contenido físico en particular.

La participación de Andrés en el equipo de investigación y la posibilidad de discusión con pares y su mentor, le ofrecieron la oportunidad de comenzar a transitar el proceso largo y complejo en su conversión en investigador al revisar su experiencia e incluir nuevas herramientas de análisis. De esta manera, nuestros resultados comienzan a esbozar algunas ideas sobre el conocimiento y los procesos necesarios que debe seguir un docente para convertirse en un investigador en educación científica. No obstante, aún es necesario seguir adelante y profundizar en este tipo de estudios con el fin de echar luz sobre las sombras existentes acerca de los procesos inherentes a la investigación en didáctica de las ciencias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco de los siguientes proyectos de investigación científica: PIP N° 11220130100609CO (2014-2016); PICT-2015-0044 y UBACYT-2018 N°20020170100448BA.

REFERENCIAS

- Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Londres, Routledge Press.
- Carrascosa, J., Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 23(2),157-181.
- FaMAF. (2012). Doctorado en Educación en Ciencias Básicas y Tecnología de la UNC | FaMAF | [Institucional]. Recuperado 24 de octubre de 2018, de <http://www.famaf.unc.edu.ar/academico/carreras-de-posgrado/doctorados/doctorado-en-educacion-en-ciencias-basicas-y-tecnologia-de-la-unc/>
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G. (2009). Conocimiento pedagógico del contenido: una definición desde la química. *Educación en la Química*, 15(2),103-113.
- Garriz, A., Daza, S. y Lorenzo, M. G. (2014). *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken: Académica Española.
- Gess-Newsome, J. (2015) A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En: Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Londres: Routledge Press.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D. y Stuhlsatz, M. A. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*. doi: 10.1080/09500693.2016.1265158.

Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J. y Martínez Terrades, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos, *Revista Educación y Pedagogía*, 11(25),15-65.

Heredia Avalos, S. (2017). Cómo construir un espectroscopio casero con un CD. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*.6(3),491-495.

Jaime, E. y Escudero C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*. 29(3),371-380.

Klein, P., Hirth, M., Gröber, S., Kuhn, J. y Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*,49(4),412-418.

Latorre A. (2005). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.

Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4),370-391.

Magnusson, S., Krajcik L. y Borko, H. (1999). sources and development of pedagogical content knowledge. En: Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht: Kluwer.

Nilsson, P. y Elm, A. (2017). Capturing and developing early childhood teachers' science pedagogical content knowledge through CoRes. *Journal of Science Teacher Education*,28(5),406-424.

Park, S. y Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49,922-941.

Park, S. y Oliver, J. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3),261-284.

Pintrich, P. R. (2002). The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. *Theory into Practice*,41(4),219-225.

Public Lab contributors. (2012). Foldable Spectrometry Starter Kit. Recuperado 24 de octubre de 2018, de publiclab.org/n/5215

Shulman, L. (1986).Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*,15,4-14.

Stender, A., Brückmann, M. y Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning.*International Journal of Science Education*,39(12),1690-1714.

Universidad Nacional del Litoral. (2012). Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas [Institucional]. Recuperado 24 de octubre de 2018, de <http://www.fbc.unl.edu.ar/pages/estudios/carreras-de-posgrado/doctorado-en-educacion-en-ciencias-experimentales.php>

Viennot, L. y Décamp, N. (2018). Activation of a critical attitude in prospective teachers: From research investigations to guidelines for teacher education. *Physical Review Physics Education Research*, 14(1), 0101133.

Wongsopawiro, D., Zwart, R. y van Driel, J. (2009). Identifying pathways of teachers' PCK development. *Teaching and Teacher Education*, 23(2),191-210.