

Análisis del conocimiento didáctico del contenido durante una experiencia didáctica de divulgación científica

Analysis of the Pedagogical Content Knowledge during a didactic experience of scientific outreach

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Alberto J. Lescano¹

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

E-mail: albertolescano7@gmail.com

Resumen

El objetivo de este documento es encontrar los componentes del conocimiento profesional docente que son puestos en juego durante el diseño e implementación de una actividad de divulgación de la ciencia realizada por un grupo de docentes. Se plantea un estudio cualitativo, mediante un instrumento de representación del contenido para registrar los componentes del conocimiento didáctico del contenido de los profesionales y las reflexiones que estos mismos realizan durante el desarrollo y la implementación de la actividad práctica.

Palabras clave: Reflexión sobre la práctica docente; Práctica docente; Conocimiento profesional docente; Educación científica; Enseñanza de la Física.

Abstract

The aim of this paper is to find the components of professional teacher knowledge that are brought into play during the design and implementation of a science dissemination activity carried out by a group of teachers. A qualitative study is proposed, through the Content Representation instrument to register the components of the Pedagogical Content Knowledge of the professionals and the reflections that they make during the development and implementation of the practical activity.

Keywords: Reflection on the teaching practice; Teaching practice; Professional teacher knowledge; Scientific education; Physics teaching.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento pedagógico del contenido, representa una combinación de contenido y pedagogía, en la comprensión de cómo se organizan los problemas, representados y adaptados a los diversos intereses y habilidades de los estudiantes, y presentados para su enseñanza. Según Shulman (1986), el conocimiento pedagógico del contenido es la categoría que más probablemente distingue entre la comprensión del especialista en contenido y la del pedagogo, lo que permite distinguir entre un profesor de ciencias de un científico (Garritz y otros, 2014; Park y Chen, 2012). Recientes reconsideraciones de este modelo han introducido diferentes componentes para el conocimiento didáctico del contenido (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). En la mayoría de estos casos, se utilizaron como fuentes de información programas de formación docente inicial o en ejercicio (Berry y otros, 2015; Gess-Newsome y otros, 2017; Stender y otros, 2017). Asimismo, Park y Oliver (2008) consideran que la práctica y la reflexión son dos maneras de permitir a los docentes construir conocimiento, y de la literatura de investigación se desprende que el desarrollo del CDC es un proceso complejo, altamente específico para el contexto, la situación y la persona. Eso implica que los programas de formación profesional dirigidos al desarrollo del CDC deberían organizarse estrechamente alineados con los docentes, contemplando su práctica e incluyendo oportunidades para promulgar estrategias y materiales de instrucción, para reflexionar, individual y colectivamente, sobre sus experiencias (Van Driel y Berry, 2012).

En este sentido el estudio, partiendo inicialmente de algunos componentes que forman el CDC tomados del modelo de Park y Oliver (2008)(figura 1), se focalizó en el recorrido que siguió un grupo de pro-

fesores y estudiantes de física, para recopilar información sobre cuáles son los elementos (componentes) que ponen en juego del DCD, dentro de un de un proyecto más amplio (Lescano y otros, 2018).

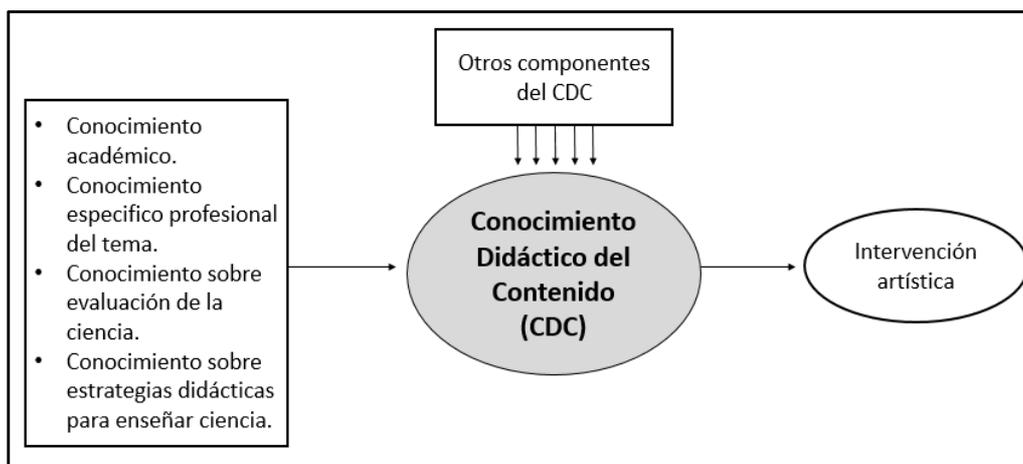


FIGURA 1. Elementos clave tomados en cuenta en este trabajo.

Durante el trabajo, se buscó resaltar cualitativamente el conocimiento metacognitivo docente, ya que este es realmente importante para desarrollar el CDC personal profesional, porque incluye tanto el conocimiento de las estrategias de enseñanza, como las condiciones para usarlas de manera efectiva, y el conocimiento sobre el propio accionar (Pintrich, 2002).

A modo de resumen, el concepto del CDC en sí mismo y su relación con otros ámbitos del conocimiento del profesor han sido muy debatidos, pero hay un acuerdo general en que el desarrollo del CDC está ligado sobre todo a la práctica docente y a la reflexión sobre ésta (Da-Silva y otros, 2007; Nilsson, 2008). De este modo, se puede decir que la noción del CDC incluye la idea de que los profesores con éxito en la enseñanza del contenido de un determinado tema tienen una especial comprensión del conocimiento de ese contenido y de la didáctica necesaria para su enseñanza. Por lo que en este trabajo se busca exponer los procesos a través de los cuales un grupo de profesionales, diseñan e implementan una propuesta de intervención artística para divulgar la ciencia, buscando describir los elementos del CDC que los docentes ponen en juego en la reflexión sobre sus actividades docentes. Se busca con este trabajo: a) Contribuir a describir el proceso (o el recorrido) de transformación que siguen los profesores al investigar y reflexionar sobre su propia práctica. b) Evidenciar sus creencias y orientaciones sobre la enseñanza acerca de un tópico particular de Física. c) Promover el conocimiento metacognitivo a través de la reflexión como camino para el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades de investigación.

II. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para describir y analizar las representaciones de los profesionales que realizan la intervención, fue un estudio de caso con orientación cualitativa que incluyó reuniones de diálogo, en las cuales se reflexionó sobre las conceptualizaciones referidas a la intervención artística para identificar las ideas centrales que fortalezcan la misma. Luego de la intervención, se utilizó un instrumento de representación de contenido (CoRe). El CoRe es el resultado de una entrevista semiestructurada en la cual el docente responde a diversas preguntas (tabla 1) que tratan de hacer explícito su CDC sobre algún contenido específico en particular. En este caso, este instrumento se convirtió en una herramienta para reflexionar sobre la actividad realizada por el equipo con la finalidad de repensar la propuesta para futuros eventos, con el propósito de enseñar y divulgar la física desde la perspectiva del arte y para indagar sobre el CDC que los docentes ponen en juego (Lescano y otros, 2018) a la hora de diseñar actividades didácticas.

TABLA I. Preguntas para el análisis de la actividad.

P1	¿Cómo surgió la idea de armar la propuesta?
P2	¿Por qué crees que la divulgación de este tema es importante?
P3	¿Cómo se diseñó la actividad?
P4	¿Qué otras cosas aprendiste durante el diseño de la actividad que no incluiste en la implementación de la muestra?
P5	¿Cómo esperabas que reaccionara el público frente a la propuesta?
P6	¿Cuáles fueron las estrategias que utilizaron para la enseñanza durante la intervención? ¿Por qué eligieron esas estrategias y no otras?
P7	¿Cómo te das cuenta si el público comprendió el tema?
P8	Si tuviera que repetir la experiencia ¿harías algún cambio? ¿Cuáles? ¿Por qué?

De esta forma, el CoRe quedó representado por el mapa de respuestas dadas por los profesores. A continuación, se muestran algunas partes del CoRe generado:

P1: La idea de armar la propuesta de muestra fotográfica surgió como medio para divulgar el proyecto que tenemos con el equipo, acerca de astronomía, pero también para demostrar que cualquier persona puede disfrutar de lo maravilloso que es nuestro Universo. Para esto tuvimos que pensar la muestra fotográfica desde una perspectiva artística, para poder llegar a la mayor cantidad de gente posible

P3: Seleccionamos fotos. Realizamos una búsqueda de información acerca de lo que se observa en cada foto. Elegimos qué información colocaríamos como pie de foto. Imprimimos las fotos. Elegimos la manera de exponerlas de manera que sea prolija y llamativa para el público al que fue dirigida.

P5: Esperaba a que se interesara por los diferentes objetos que se observaban en las fotos, pero a pesar de eso, se interesaban más acerca del método de tomado y tratado de la foto. Debido a que el público no era de esta rama de la ciencia, esperaba que no se interesara mucha gente, pero fue al contrario, hubo mucha gente interesada acerca de dónde era el lugar que teníamos para realizar las fotos.

P7: La forma de darte cuenta si el público comprendió la explicación fue con las preguntas que te realizaban, y porque después ellos mismos les explicaban a otras personas las fotografías

El equipo que realizó la intervención artística está conformado por siete integrantes, de los cuales cinco son profesionales (tres profesores en física y un profesor en química), un profesional por parte del Observatorio Galileo Galilei de la ciudad de Oro Verde y dos estudiantes avanzados de la carrera de profesorado en Física. A seis de los cuales se les aplicó un cuestionario de ocho preguntas como se representa en la tabla I para promover la autorreflexión sobre los procesos involucrados durante la creación y planificación de la intervención artística diseñada por el equipo. Se buscó indagar sobre el conocimiento de los profesores de ciencias puesto en juego durante la actividad, como la visión general de las ideas principales de los docentes en la elaboración de la muestra, el conocimiento conceptual sobre la misma, las formas de evaluar la comprensión de la actividad y los enfoques didácticos para su formulación, partiendo de algunos elementos clave del Conocimiento Didáctico del Contenido (figura 1) en pos de reflexionar sobre que otros componentes surgen del análisis de la actividad.

En este sentido, la evaluación de la actividad que el equipo realizó, sirvió para recopilar información, en el marco de un proyecto de investigación más grade (Lescano y otros, 2018), cuyo propósito 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 brindar una descripción más completa del modelo de CDC.

Con respecto a la intervención artística, esta tuvo lugar en el Centro Provincial de Convecciones, localizado de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos, durante el Primer Congreso Internacional de Análisis Institucional organizado por la Facultad de Humanidades y Artes de la Universidad Autónoma de Entre Ríos, en conjunto con la Facultad de Trabajo Social de la Universidad Nacional de Entre Ríos. De aquí en común acuerdo con la organización del evento, se propuso dejar la muestra de imágenes expuesta, con la finalidad de que el público pueda participar de la misma abiertamente durante la jornada o día designado. La galería de imágenes contó con la asistencia del personal a cargo de la intervención para responder preguntas acerca de sus características y proceso de elaboración, y para poner en común los temas afines a la misma. Por la noche, en el horario aproximado de 17:30 y 20:00 horas el equipo de trabajo, brindó un espacio en el que las personas se acercaron a realizar observaciones de astros.

TABLA II. Descripción técnica de la intervención artística.

Título de la actividad	ImaginArte el cielo desde el sur
Lugar	Centro Provincial de Convecciones (CPC), ciudad de Paraná, Entre Ríos.
Asignatura	Astrofísica/Astronomía
Público participante	Público en general.
Materiales	18 cuadros con imágenes pertenecientes al cielo sur. Binoculares para realizar observación de astros.
Duración de la actividad:	A partir de las 11hs abierta al público general para observar la galería de imágenes y en el horario de 17:30hs a 20:30hs para observación de astros.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la intervención, el equipo estuvo asesorando al público participante (figura 2), para la interpretación de las imágenes de la galería y para realizar correctamente las observaciones por medio del instrumental. El personal del equipo, se distribuyó alrededor de la muestra para garantizar la interacción con el público y ayudar a la comprensión de la muestra.

En promedio, entre 150 y 200 personas pasaron por la muestra a lo largo del congreso, indagando y reflexionando sobre las imágenes y siendo asesorada sobre la física implicada en la intervención artística. Durante la intervención, el equipo trabajó con la implementación de la oralidad como principal herramienta, ya que cada imagen presentada requería de una explicación minuciosa para ser contextualizada en el marco de la propuesta, y en el marco del evento. Se recurrió a la utilización de analogías de espacio y de tiempo para que el público pudiera dimensionar los tamaños de los astros representados y las distancias a las que se encuentran cada uno de la Tierra, señalando qué momento histórico correspondería al tiempo que le lleva a la luz llegar desde cada astro. Desde aquí, partiendo del análisis de la intervención realizada por el equipo, se puede observar en cuanto a estrategias y diseño, que el grupo de docentes tiende a buscar nuevas formas de motivar y divulgar el conocimiento, tanto didáctico como pedagógico. Además, se destaca un componente epistémico referido a las nociones de historia de la ciencia y diferencias entre mitos, creencias y saberes referidas a los astros, puestas en juego por los docentes durante la intervención artística.

**FIGURA 2.** Imagen del equipo mientras estuvo asesorando al público participante.

Partiendo de las respuestas al cuestionario y de las reuniones de diálogo del equipo, se pudo observar que se valorizó la enseñanza de los fenómenos físicos mediante la intervención artística y se destacó el rol que tiene la divulgación de la ciencia, para llegar a diversos públicos. Cabe recordar que la intervención se realizó en un espacio multidisciplinar dentro de un congreso internacional de análisis institucional (Lescano y otros, 2019), donde el mayor porcentaje de asistentes y expositores no se dedican profesionalmente a la física. Por esto es que se partió de una propuesta que no se basa en un diseño formal de las actividades de enseñanza, más allá de estar centrada en los contenidos formales de la física, y está pensada para divulgar la misma desde un enfoque que combina artes y ciencia. Sobre el papel de la divulgación de la física en estas circunstancias, uno de los profesionales responde:

Pienso que la divulgación de la física es importante, porque se observan objetos y fenómenos que ocurren a diario a nuestro alrededor, pero muchas veces pasan desapercibidos, o no se interpretan correctamente. Es por eso que la propuesta se pensó para hacer llegar la física, que cotidianamente nos rodea desde nuestro cielo, a un público diferente del que transita talleres o cursos de física, desde a divulgación de la misma mediante el arte.

Además, se tenía cierta incertidumbre ya que al estar en un congreso que no es orientado directamente a la física, el equipo no sabía cómo el público iba a responder a la propuesta. Esto despertó cierta ansiedad en alguno de los integrantes del equipo y algunos de los profesionales plantearon sus inquietudes diciendo: “*Esperaba ver cierta confusión, considerando que el evento en el que se presentó la propuesta no pertenecía al ámbito de trabajo donde nos desempeñamos.*” Esta incertidumbre también se ve reflejada en la siguiente respuesta:

Debido a que el público no era de esta rama de la ciencia, esperaba que no se interesara mucha gente, pero fue al contrario, hubo mucha gente interesada acerca de dónde era el lugar que teníamos para realizar las fotos.

Aquí se vislumbra cómo, al comenzar la intervención, la ansiedad se fue desvaneciendo, ya que el público respondió favorablemente. Se destaca en este punto la capacidad del grupo de hacer frente a situaciones específicas, involucrando las propias capacidades para organizar y ejecutar acciones para alcanzar determinados resultados. Con respecto a esto, la mayoría del público consultó sobre cómo se tomaron las fotografías y sobre las generalidades de las mismas. Esto permitió al equipo que realizó la intervención, dialogar con el público explicando las imágenes y la física implicada en las mismas. Esto dimensiona las actitudes de reflexión implicadas en el diseño de la intervención artística y el pensamiento crítico al desarrollarla, ya que al estar pensada para un público no específico de la física, estos profesionales lograron adaptarse muy bien demostrando un buen dominio, no solo de los conocimientos propios de la física sino también de los referidos a la didáctica de la misma, haciendo alusión a la diferencia entre el conocimiento de la disciplina per se y el conocimiento pedagógico de la disciplina (Shulman, 1986), lo que nos permite distinguir entre un profesor de ciencias de un científico (Garrity y otros, 2014; Park y Chen, 2012). Esto puede deberse a que dichos profesionales en su mayoría estudian o son egresados de carreras de profesorado, lo que genera que presenten una carga significativa de formación académica recibida a lo largo de sus carreras de materias pedagógicas correspondientes a sus planes de estudio.

En cuanto a las conclusiones referidas a si el público comprendió la muestra, podemos decir que en su mayoría preguntaban e indagaban sobre lo explicado y muchas veces ellos mismos explicaban lo expuesto a otros participantes del público. Esto se refleja en alguna de las respuestas del equipo de trabajo:

En primer lugar, se puede considerar el interés en otros aspectos de las imágenes observadas, es decir, si hacían más preguntas al respecto. Y, en segundo lugar, hubo casos en los que algunos espectadores realizaban explicaciones a otros, demostrando haber comprendido al menos una parte de la información compartida.

La incorporación de estudiantes en el equipo que realizó la intervención y su participación, permitió hacer explícitas algunas acciones en el proceso de transformación de los docentes como investigadores de su propia práctica. 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 para el desarrollo profesional docente (Viennot y Décamp, 2018).

Comparando los componentes del CDC correspondientes al modelo hexagonal de Park y Oliver (2008), representados en la figura 3, adaptada de Farré y Lorenzo (2009), con los planteados inicialmente en este trabajo (figura 1), se observa que entre los componentes del CDC puestos en juego durante el diseño e implementación de actividad de divulgación (figura 4), se destacan el conocimiento académico representado en los temas en los que se refirió la muestra y el dominio en el conocimiento específico profesional sobre el tema de la intervención artística, viéndose esto reflejado en la interacción dialógica entre los profesionales y el público asistente.

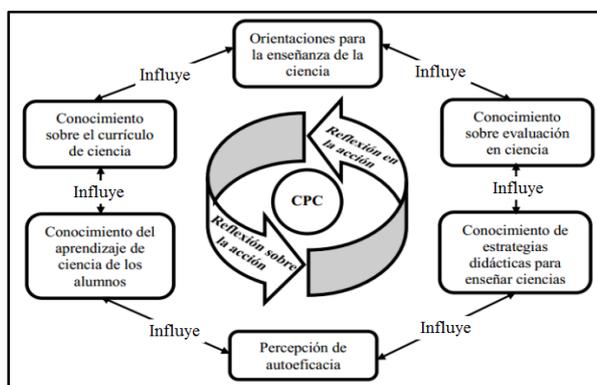


FIGURA 3. Componentes del CDC correspondientes al modelo hexagonal de Park y Oliver (2008). Imagen adaptada de Farré y Lorenzo (2009).

La puesta en marcha de esta propuesta y la planeación, deja en evidencia el pensamiento crítico y reflexivo que los docentes ponen en juego al reflexionar sobre las formas de planificar situaciones (en este caso extra áulica) en las que se busque divulgar ciencia a un público que no está familiarizado con la disciplina en sí, registrándose un fuerte componente del conocimiento didáctico del contenido (Orientaciones y estrategias didácticas para la enseñanza de la ciencia). Esto se refleja en como la elección de las imágenes, el tamaño de las mismas y su presentación juegan un rol importante que destaca la búsqueda de despertar el interés en el público, lo cual evidencia la creatividad de los profesores para buscar motivar la enseñanza de un tema específico de la ciencia.

En lo referido a la evaluación de la comprensión del público, no se realizaron encuestas para que este expresara su opinión ni se utilizaron instrumentos para tal caso. Cada profesional dejó claro que evaluó el grado de comprensión en base a la interacción que estos tenían con ellos y a las preguntas que el público generaba en función de las explicaciones. Por otro lado, se destaca un fuerte elemento de conocimiento del contexto en el cual se realizó la intervención artística, por parte del equipo. Esto se ve reflejado en el trabajo para diseñar la intervención, la puesta en escena de la misma y en como prepararon el discurso en función del público al que se dirigían.

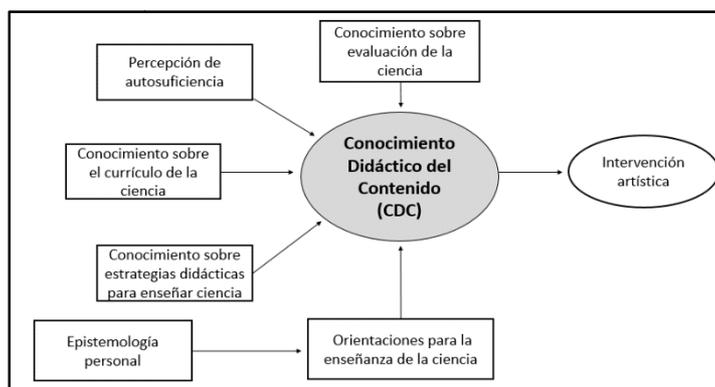


FIGURA 4. Elementos del CDC puestos en juego durante la intervención artística.

Partiendo de que uno de los aspectos más interesantes del conocimiento didáctico del contenido es su impacto o poder transformador sobre cada uno de los dominios discretos de conocimiento (Farré y otros, 2009), este trabajo, además de vislumbrar los componentes del CDC puestos en juego en el desarrollo e implementación de la intervención artística, permitió promover el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades de investigación didáctica, promoviendo el conocimiento metacognitivo del equipo docente, manifestando la importancia que los docentes le confieren al conocimiento disciplinar y a la reflexión sobre los conocimientos didácticos del contenido físico en particular, puesto en juego en el diseño de la actividad de divulgación. Se destaca que todos los profesionales que realizaron la intervención se adaptaron bien al trabajo en equipo y en las intervenciones con el público en general que participó de la misma. De esta manera, se brindan algunas ideas sobre el conocimiento y los procesos necesarios que se siguieron para elaborar la muestra en la tarea de la educación científica.

IV. CONCLUSIONES

Este análisis abre caminos en describir cuales son los elementos del CDC que los docentes ponen en juego a la hora de diseñar sus clases, dependiendo del contexto particular para el que son pensadas. Los elementos del CDC que se destacaron son: el conocimiento del currículo, el conocimiento específico en la materia y el conocimiento didáctico del contenido, destacándose además la actitud crítica para desarrollar la propuesta y la búsqueda por despertar el interés. Si bien, en lo que respecta al conocimiento de la evaluación de la ciencia, el equipo que realizó la intervención artística no utilizó instrumentos para la evaluación de la misma, si realizó una autorreflexión en equipo sobre la misma para su desarrollo con perspectivas para volver a implementarla en futuros eventos.

La puesta en marcha de esta propuesta y la planeación, evidencia el pensamiento crítico y reflexivo que los docentes ponen en juego al reflexionar sobre las formas de planificar situaciones (en este caso extra áulica) en las que se busque llegar a un público que no está familiarizado con la disciplina en sí. Es interesante como la elección de las imágenes, el tamaño de las mismas y su presentación juegan un rol importante que destaca la búsqueda de despertar el interés en el público, lo cual evidencia la creatividad de los profesores para buscar motivar la enseñanza de un tema específico de la ciencia.

Una herramienta reflexiva como el CoRe (Loughran y otros, 2006; Nilsson y Loughran, 2012) podría contribuir a la mejora de la planificación de actividades y permitir seguir reflexionando sobre la enseñanza de la ciencia. En esta misma línea, la participación del equipo que desarrolló la actividad en mesas de diálogo, brindó la posibilidad de discutir y reflexionar entre pares sobre la actividad propuesta. Aquí surgieron ideas sobre futuras mejoras para la misma, con la finalidad de tener mejor llegada a un futuro público seleccionado.

La aplicación del modelo del conocimiento didáctico del contenido (CDC) al estudio de las respuestas obtenidas, sugiere que el conocimiento del equipo fue enriquecido luego de la intervención en lo que se refiere a diseñar actividades de divulgación y educativas, en base a que el CoRe proporciona información sobre las decisiones que los profesores toman al enseñar un tema en particular, así como un enfoque de la relación entre el contenido que se busca enseñar y el enfoque particular elegido para enseñar ese contenido (Loughran y otros, 2006; Nilsson y Loughran, 2012).

REFERENCIAS

Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Londres: Routledge Press.

Da Silva, C., Mellado, M., Ruiz, C. y Porlán, R. (2007). Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: longitudinal analysis using cognitive maps. *Science Education*, 91(3), 461-491.

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: Editorial 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.

Lescano, A., Sánchez G. y Lorenzo M. Gabriela. (2018) Desarrollo del conocimiento profesional docente sobre espectroscopia durante un proceso de investigación-acción. *Revista de Enseñanza de la Física*. 30(Extra), 127-134.

Lescano, A., Reisenauer, E., Alonso, J., Fornari, C., Devoto, E., Giorgio Castañé, C. y Lazcano, F. (2019). Imaginate: el cielo desde el sur. En *Primer Congreso Internacional de Análisis Institucional*, 6-8 de junio, Paraná, Entre Ríos. Argentina.

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.

Loughran, J. (2006). *Developing a pedagogy of teacher education*. Londres: Routledge

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. (2008). Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.

Nilsson, P., & Loughran, J. (2012). Exploring the development of pre-service science elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23(7), 699-721.

- 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 Conceptualization 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.
- 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.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*,15,4-14.
- Van Driel, J. H. y Berry, A. (2012). Teacher professional development focusing on pedagogical content knowledge. *Educational Researcher*, 41(1),26-38.
- 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.