

Conocimiento Didáctico del Contenido sobre la Ley de Ohm: estudio de caso de una profesora de física de enseñanza secundaria en Costa Rica

Pedagogical Content Knowledge on Ohm's Law: case study of a Secondary School physics teacher in Costa Rica

Marco Vinicio López Gamboa¹ y Diego Armando Retana Alvarado¹

¹ Facultad de Educación. Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

E-mail: marcovinicio.lopez@ucr.ac.cr, diegoarmando.retana@ucr.ac.cr

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumen

Se presenta un estudio de caso de una profesora de física de enseñanza secundaria, centrado en el análisis del conocimiento didáctico del contenido (CDC) sobre la Ley de Ohm. A partir de la reflexión con carácter declarativo, se describen las bases del conocimiento profesional, las estrategias de enseñanza y el CDC personal, en el marco del modelo teórico que incluye CDC (Gess-Newsome, 2015), coherente con la denominada hipótesis de la complejidad. Como instrumento de primer orden se utilizó una entrevista semiestructurada. El análisis del contenido se centró en las bases del conocimiento profesional y los resultados permiten reconocer que el CDC de la profesora asume un carácter transformador que trasciende el aula, superando obstáculos de naturaleza curricular y contextual.

Palabras clave: Conocimiento didáctico del contenido; Estudio de caso; Ley de Ohm; Hipótesis de la complejidad; Estrategias de enseñanza.

Abstract

A case study of a Secondary School physics teacher is presented, focused on the analysis of Pedagogical Content Knowledge (PCK) on Ohm's Law. From the reflection with a declarative nature, the bases of professional knowledge, teaching strategies and personal PCK are described, within the framework of the theoretical model that includes PCK (Gess-Newsome, 2015), consistent with the so-called Hypothesis of the Complexity. As a first-order instrument, a semi-structured interview was used. The content analysis focused on the Bases of Professional Knowledge of the Teacher and the results allow us to recognize that the teacher's CDC assumes a transformative character that transcends the classroom, overcoming obstacles of a curricular and contextual nature.

Keywords: Pedagogical Content Knowledge; Case study; Ohm's Law; Hypothesis of the complexity; Teaching strategies.

I. INTRODUCCIÓN

La formación inicial y desarrollo profesional de los profesores está determinada por sus concepciones, emociones y conocimiento profesional. Al respecto, se han formulado modelos de conocimiento como referencia para la formación universitaria e interpretaciones diversas, entre los que destaca el conocimiento didáctico del contenido (CDC), planteado y desarrollado por Shulman (1986) como una amalgama entre el contenido disciplinar y la propia pedagogía del profesor.

www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

Posteriormente, Magnusson, Krajcik y Borko (1999) adaptan un sistema de categorías enfocado a la enseñanza de las ciencias como reformulación de este constructo, en el que destacan elementos como creencias y orientaciones en la educación científica, conocimiento curricular, conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes, las estrategias y la evaluación. Gess-Newsome y Carlson (2013) introducen el modelo de Conocimiento Profesional del Profesor y Habilidad, situando el conocimiento base, que comprende los saberes sobre el currículo, de los estudiantes, sobre la didáctica, el contenido, así como de la evaluación; y en el conocimiento base sobre el contenido específico, conceptualizado por estas autoras como la experiencia y el saber académico sobre el tópico científico que será enseñado en un nivel particular. Más adelante, Gess-Newsome (2015) presenta un modelo integrador de CDC que abarca los planteamientos anteriores de una manera más refinada, además de agregar elementos clave como el CDC personal y CDC y habilidad, entre otros aspectos, que se explicarán más adelante. Para esta autora, el CDC es definido como conocimiento base y como acción en la enseñanza de un tópico científico particular en un contexto particular.

El presente artículo se centra en el estudio de caso de una profesora de física, en el que se analiza el CDC sobre la Ley de Ohm. La hipótesis de la complejidad se utiliza como herramienta teórica para el análisis del CDC, el cual es capturado a partir de la propia reflexión con carácter declarativo.

II. MARCO TEÓRICO

A. Conocimiento didáctico del contenido

El conocimiento didáctico del contenido es descrito por Gess-Newsome (2015) como un aspecto intrínseco de los profesores, que se integra en un modelo de conocimiento profesional consensuado por un grupo de expertos en Estados Unidos. De ahí que, corresponde al saber principal para planificar la enseñanza de un tema particular y su desarrollo en el aula. El modelo sitúa las Bases del Conocimiento Profesional del Profesor (BCPP), junto con el Conocimiento Profesional del Tópico Específico (CPTe), como se muestra en la figura 1.

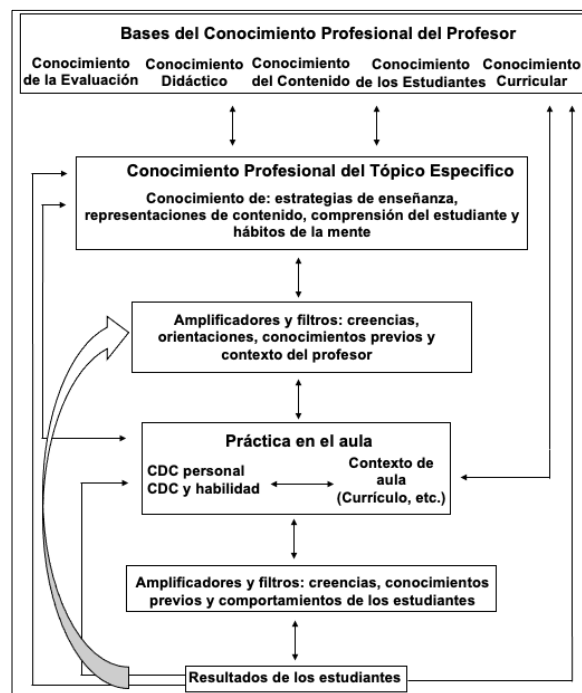


FIGURA 1. Modelo de Conocimiento Profesional del Profesor y habilidad que incluye CDC (Gess-Newsome, 2015). Figura adaptada al español por los autores de este artículo.

Este modelo integra las BCPP y CPTe, junto con otros elementos que definen el CDC del profesor como creencias, orientaciones, conocimientos previos y contexto, los cuales actúan como facilitadores y obstáculos que amplifican o filtran las decisiones y transferencia del contenido. Gess-Newsome (2015) concibe el CDC personal como la forma de planificar un tema, de forma y manera particular. Por otra parte, también distingue el CDC y habilidad o CDC y H, que corresponde a la forma de enseñar un tema de forma particular, con un propósito particular en la acción (Gess-Newsome, 2015), destacando el conocimiento, habilidades y práctica del profesor en el aula (Amórtégui, 2018).

Ambos tipos de CDC tienen el objetivo de mejorar los resultados de aprendizaje de estudiantes particulares, a partir de la reflexión y acción del profesor. Por ello, Melo, Cardona, Cañada y Martínez (2018) resaltan que *“los cambios se fomentan cuando el docente desarrolla habilidades metacognitivas que favorecen la reflexión y la autorregulación de los cambios que realiza, en su práctica de aula, sobre su CDC y sobre el aprendizaje de sus alumnos”*. Por consiguiente, la importancia de conocer el CDC de la profesora, en el contexto de la enseñanza de la Ley de Ohm, presentado a partir de sus declaraciones, donde expone aspectos diversos, como los recursos didácticos y bibliográficos, estrategias didácticas que utiliza o piensa utilizar en un futuro, entre otros.

B. Hipótesis de la complejidad (HC)

La hipótesis de la complejidad (HC) como herramienta de análisis en la línea del desarrollo profesional del profesorado de ciencias es entendida por Vázquez-Bernal, Jiménez-Pérez, Mellado y Taboada (2010) como *“la evolución en la capacidad de interacción con el medio social o natural, a través de la integración reflexión-práctica y que afecta a aspectos ideológicos, formativos, contextuales, epistemológicos y curriculares”*. Además, consta de tres dimensiones: la técnica (λ), la práctica (σ) y la crítica (ρ), en las cuales, la transición consecuente le va añadiendo una creciente complejidad a los procesos de enseñanza (Vázquez-Bernal et al., 2009). Utilizamos letras griegas para identificarlas y operacionalizarlo en el análisis del contenido de las declaraciones de la profesora. En la tabla I se describen los enfoques de cada una.

TABLA I. Dimensiones de la hipótesis de la complejidad, adaptado de Vázquez-Bernal et al. (2010).

Dimensión	Enfoque
Técnica (λ)	El profesor se limita al uso de problemas cerrados con resoluciones mecánicas y memorísticas, anteponiéndose a la comprensión conceptual.
Práctica (σ)	Coexistencia de problemas cerrados y abiertos, que permita la comprensión conceptual, permitiendo al profesor flexibilidad y adaptabilidad en el contexto de clase.
Crítica (ρ)	Potencia el uso de problemas de investigación, supone en el profesor una mejora de las prácticas educativas.

La profesora al pasar de la dimensión técnica (λ) a la crítica (ρ), demostrará la superación de diversos obstáculos de naturaleza curricular y contextual, reforzando no solo su CDC, sino, generando un ambiente de clase más dinámico para los estudiantes, promovido por prácticas científicas basadas en indagación, en coherencia con lo expuesto por Retana-Alvarado, Vázquez-Bernal, de las Heras y Jiménez-Pérez (2021), en el sentido de que la *“complejidad considera el proceso de cambio en la capacidad de interacción del docente que le permite superar obstáculos de distinta naturaleza y trascender el contexto educativo”*. Lo anterior, teniendo como base la reflexión a partir de las declaraciones de la profesora de física en su contexto educativo y en particular cuando imparte el tema de la Ley de Ohm.

III. METODOLOGÍA

La investigación siguió una senda cualitativa, enfocándose en el carácter descriptivo del CDC de una profesora de física a partir de un estudio caso. Desde la perspectiva de Stake (2005), se siguen patrones de conducta consistentes y secuenciales, es una entidad objeto de indagación en el sentido de que la mayoría de las investigaciones sobre CDC se han realizado mediante estudios de casos (Fernández y Fernandes de Goes, 2014).

En cuanto a la profesora de física, cuenta con una formación a nivel de bachillerato universitario en la Enseñanza de las Ciencias Naturales, así como una maestría en Tecnología Educativa y con seis años de experiencia en el campo de la educación. Mientras que, el contexto educativo en el que se centra la investigación es en educación secundaria, en el nivel de undécimo año, en una institución de enseñanza media (colegio científico), en la provincia de San José, Costa Rica; donde la profesora imparte un curso de física, en el que sus dinámicas de clase se centran en la experimentación. Cabe resaltar que se lleva a cabo en el contexto temporal virtual debido a la pandemia por COVID-19.

En lo que respecta a la manera en que se recolectó el CDC de la profesora, fue a partir de una entrevista semiestructurada como instrumento de primer orden (validada por criterio experto de ocho especialistas en CDC y enseñanza de la Física, procedentes de universidades de España, Costa Rica, Colombia y Chile), cuyas preguntas siguen una estructura basada en las Representaciones de Contenido (ReCo) de Loughran, Mulhall y Berry (2004), permitiendo plasmar una visión global expresada en forma de proposiciones, acerca de la manera en que la profesora enfoca la enseñanza de la Ley de Ohm, así como sus motivos, cómo y por qué lo hizo de esa forma.

Para la determinación del CDC sobre la Ley de Ohm de la profesora, las preguntas basadas en las ReCo fueron asociadas a las BCPP y con las mismas se captaron sus reflexiones de manera explícita, sobre cómo diseña las clases, lo que percibe de los estudiantes que tiene a su cargo, sus comportamientos y maneras de aprender. En la tabla II se presentan algunas preguntas utilizadas en la entrevista.

TABLA II. Algunas preguntas asociadas a las BCPP realizadas durante la entrevista semiestructurada.

BCPP	Preguntas (ReCo)
Conocimiento del contenido	¿Cuál es la secuencia didáctica que utiliza habitualmente para la enseñanza de la Ley de Ohm?, descríbala. ¿Qué otras estrategias o recursos se podrían diseñar o implementar para enseñar sobre Ley de Ohm? ¿por qué?
Conocimiento didáctico	¿Qué habilidades espera que los estudiantes desarrollen cuando usted enseña la Ley de Ohm? ¿Cuál es el rol del profesor y del estudiante durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y evaluación de la Ley de Ohm?
Conocimiento curricular	¿Qué recursos o referencias bibliográficas utiliza o utilizará al momento de planificar la clase y explicar el contenido Ley de Ohm?
Conocimiento de los estudiantes	¿Qué dificultades presentan los estudiantes a la hora de trabajar la Ley de Ohm? ¿Qué estrategias lleva a cabo o considerará implementar en la práctica para fortalecer el clima de clase con sus estudiantes?
Conocimiento de la evaluación	¿De qué manera y con qué instrumentos evalúa o evaluará el contenido Ley de Ohm?

Se llevó a cabo un análisis del contenido a partir de las declaraciones a estas interrogantes, se interpretó el CDC de la profesora, permitiendo así obtener una descripción tanto de su CDC personal, en cuanto al conocimiento y experiencias individuales (Lescano, Sánchez y Lorenzo, 2018), como otros aspectos en su contexto de planeación y desarrollo de clase.

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE CASO DE LA PROFESORA DE FÍSICA

A continuación, se presentan los resultados del estudio de caso, donde a través de las declaraciones de esta, se manifestaron situaciones que dan cabida a las dimensiones técnica (λ), práctica (σ) y crítica (ρ), obtenidos mediante las preguntas a partir de las ReCo mostradas en la tabla II, vinculadas con las BCPP, generando así la respectiva dimensionalización.

A. Conocimiento del contenido

A partir de lo respondido en la pregunta: “¿Cuál es la secuencia didáctica que utiliza habitualmente para la enseñanza de la Ley de Ohm?, descríbala”, se presenta lo siguiente:

...La forma en que lo abarco con la población con la que yo trabajo, es la parte experimental, pues usualmente la manera en que se trabaja, con el grupo, asumiendo que tienen ese conocimiento previo de la teoría, es con una animación o simulación, que es más simulación, porque en realidad ellos pueden interactuar con las variables...

...he tenido la oportunidad de trabajar con los estudiantes, ha sido con manipulación de equipo. Empezamos con una resistencia, luego cambian a valores de resistencia distintos y que ellos puedan ver que el comportamiento efectivamente es, eso que habían visto en la teoría de Ley de Ohm...

Dimensión práctica (σ): La profesora complementa la comprensión de los conceptos de la Ley de Ohm mediante el uso de equipo de laboratorio y simulaciones digitales, como parte de la dinámica del curso de laboratorio de física que imparte. Además, incentiva a que los estudiantes manipulen los instrumentos, otorgándoles la libertad en el proceso de enseñanza y aprendizaje, evitando que se sientan al margen y dándoles un rol más activo.

No hay presencia de las dimensiones *técnica* (λ) y *crítica* (ρ).

En la figura 2 se muestra un código QR que permite acceder a la simulación que menciona la profesora:



FIGURA 2. Código QR que da acceso a la simulación.

En la pregunta: “¿Qué otras estrategias o recursos se podrían diseñar o implementar para enseñar sobre Ley de Ohm? ¿por qué?”, parte de lo declarado fue:

...implementaría una opción si se tienen bajos recursos, por experimentación y parte de los laboratorios, uno sabe que el bombillo, en sí no es una resistencia como tal, por que no es su naturaleza, como recurso o artefacto eléctrico, puede ayudar a entender, un poco esto de cómo funciona la Ley de Ohm...

...teniendo baterías, el cableado para poder conectar la batería a un bombillo, y hasta podría cambiar con diferentes bombillos y de alguna manera, tener como variar ese voltaje que brinda la batería...

Dimensión crítica (ρ): Manifiesta apertura a buscar prácticas educativas, en este caso de bajo costo, para representar y experimentar el contenido de la Ley de Ohm, mostrando una tendencia a considerar alternativas, ante situaciones en las que no cuente con los recursos necesarios.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y práctica (σ).

B. Conocimiento didáctico

“¿Qué habilidades espera que los estudiantes desarrollen cuando usted enseña la Ley de Ohm?”, de esta pregunta se extrajo lo siguiente:

...que desarrollen habilidades tecnológicas, en el sentido de poder tomar datos y graficarlos, una vez que ellos grafican, que puedan entender, comprender esos datos que graficaron, cuál era la razón de graficarlos, porque parte de lo que he implementado con ellos, es la toma de esos datos, la graficación, y el entender qué significa la pendiente en Ley de Ohm...

Dimensión crítica (ρ): Promueve en los estudiantes el uso de herramientas tecnológicas como las hojas de cálculo, declarando relevancia en que deben aprender tanto la forma de obtener los datos, como su interpretación, particularmente, lo que significa la pendiente en el contexto de la Ley de Ohm, más allá de armar circuitos.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y práctica (σ).

En referencia a la pregunta: “¿Cuál es el rol del profesor y del estudiante durante el proceso de enseñanza-aprendizaje y evaluación de la Ley de Ohm?”, se muestra lo siguiente:

...mi rol ha sido de guía, de acompañamiento...

...el estudiante es un poco más independiente con eso, pero siguiendo siempre la guía de trabajo, más que todo por el equipo con que se ha trabajado, igual con la simulación, se tuvo una guía de trabajo para poder contestar las preguntas, porque es importante que, al estudiante, no podes solo darle los recursos y ya, porque entonces nada más dice ¿y bueno que hago con esto?, ¿por qué si yo no exploro?

Dimensión práctica (σ): Más que transmisora de conocimiento o de instrucciones, la profesora es una acompañante en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Asimismo, no se limita a dar las guías de trabajo, sino, les orienta en el desarrollo de las actividades, mientras les aclara dudas y valora su desempeño.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y crítica (ρ).

En la figura 3 se muestra un código QR que permite acceder a la guía de trabajo confeccionada por la profesora:



FIGURA 3. Código QR que da acceso a la guía de trabajo.

C. Conocimiento curricular

Parte de lo declarado en la pregunta “¿Qué recursos o referencias bibliográficas utiliza o utilizará al momento de planificar la clase y explicar el contenido Ley de Ohm?” fue:

...suelo utilizar varios textos para encontrar el balance, dependiendo de la población, el nivel en el que están y cuál es su contexto, mi contexto de población, es una población a la cual se le puede exigir un poco más...

...simulaciones sencillas como la PhET, es una que recomiendo porque permite ejemplificar y hacerlo de forma visual...

...hay ciertos videos que a mi me gusta utilizarlos, porque la secuencia en que se cuenta, la narrativa que se utiliza...

Dimensión práctica (σ): La profesora es abierta a utilizar diferentes libros de texto, en función de las valoraciones del contexto educativo en el que se encuentra. Además, indica que hace uso de simulaciones digitales como la mostrada en la figura 2 y videos (ver figura 4), para complementar los procesos de enseñanza, con el objetivo de poder ejemplificar mejor los conceptos y aplicaciones.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y crítica (ρ).

La figura 4 corresponde al código QR que enlaza a uno de los videos que la profesora usa en sus clases:



FIGURA 4. Código QR que permite acceder al video.

D. Conocimiento de los estudiantes

Para la pregunta: “¿Qué dificultades presentan los estudiantes a la hora de trabajar la Ley de Ohm?”, parte de lo declarado fue:

...les cuesta después de haber medido y más cuando tienen muchas series de datos, es la parte de análisis matemático, el análisis gráfico-matemático, ese paso de calcular la pendiente de forma mecánica, y que la pendiente me esta dando información...

...les cuesta mucho entender la versatilidad que tienen las matemáticas para acoplarse a los fenómenos y más que acoplarse a los fenómenos, en realidad para que nosotros podamos entenderlos e interpretarlos, les cuesta entender esa versatilidad de la pendiente, algo tan sencillo, pero que es muy mecánico en matemática...

Dimensión crítica (ρ): Resalta las diferentes dificultades que presentan los estudiantes en cuanto a la manipulación de datos y comprensión, como el significado de la pendiente en la Ley de Ohm, indicando la importancia de estos aspectos, y no solo dar prioridad a que se armen los circuitos y se tomen datos.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y práctica (σ).

“¿Qué estrategias lleva a cabo o considerará implementar en la práctica para fortalecer el clima de clase con sus estudiantes?”, de esta pregunta se extrajo lo siguiente:

...He estado pensando en implementar un poco el juego, no como eje central, pero si en alguna actividad que sea interactiva y en tiempo real, es decir, que ellos puedan hacerla en el momento, desde la computadora o celular, como parte introductoria que yo pueda recibir la información, llámese Kahoot, Educaplay...

Dimensión práctica (σ): Visualiza la incorporación de estrategias didácticas donde medie el juego, que sean más adaptables y flexibles, lo que da manifiesto a la disposición de la profesora a desarrollar estrategias didácticas activas.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y crítica (ρ).

E. Conocimiento de la evaluación

A partir de lo respondido en la pregunta: “¿De qué manera y con qué instrumentos evalúa o evaluará el contenido Ley de Ohm?”, se presenta lo siguiente:

...Uso una plantilla de trabajo con la que mis estudiantes interactúan y ahí responden a sus preguntas, utilizo siempre una rúbrica donde en esa rúbrica, se evalúa, además de que sus ideas, que responda a cada una de las cuestiones, más que las responda correcta o incorrectamente, es que las responda, que las haya realizado...

...entonces yo le doy retroalimentación de si está correcto, si falta un poquito más por ahí, pero que las conteste, que la información esté organizada, que esté lo más clara posible y algunos otros detalles de puntualidad, es importante que, si no puede con esa puntualidad, que justifique por qué, es parte de esa responsabilidad y de compromiso, que es tan difícil de evaluar...

Dimensión práctica (σ): Además de evaluar el contenido académico, también, aspectos de responsabilidad y puntualidad, en el sentido de que se preocupa porque los estudiantes, logren cumplir con lo solicitado, y si no, conocer el por qué no lograron, sin limitarse a aspectos cuantitativos únicamente.

No hay presencia de las dimensiones técnica (λ) y crítica (ρ).

V. CONCLUSIONES

En virtud de la hipótesis de la complejidad, la profesora se sitúa entre la dimensión práctica (σ) y la dimensión crítica (ρ). Además, de plasmar un CDC que está en tránsito entre estas dos dimensiones, fundamentado en su conocimiento y acción (Garritz, 2014), en el sentido de que considera y analiza diversos aspectos, como nuevas estrategias didácticas para implementar, las dificultades de los estudiantes y el valor de responsabilidad.

Presenta un CDC personal que tiende a la consideración y planeación sobre qué prácticas educativas implementar, cuando declara sobre el desarrollo del experimento con los bombillos, para solventar necesidades de carencia de equipos. Asimismo, el hecho de analizar la puesta en práctica del juego, como recurso en sus clases, lo que sería, un complemento muy acorde al contexto experimental del curso que imparte, además de la confección de guías de trabajo o instrucciones básicas que diseña para entregar al inicio de las clases. En lo que respecta a la práctica de aula de la profesora, fundamentado en la realización de experimentos, se pone en manifiesto, el interés por mantener un rol de guía y facilitadora, para otorgar más protagonismo a los estudiantes, no se limita a brindar instrucciones de cómo armar circuitos, si no, que aprovecha el rol activo de los estudiantes, para que exploren, armen y desarmen, de la mano con guías de trabajo o instrucciones que da previamente, para así ayudarlos en dudas que tengan y observar el desempeño y comportamiento durante la realización de los experimentos. Además, de la utilización de videos para complementar sus explicaciones y mostrar ejemplos de aplicaciones.

También muestra una anuencia a acoplarse a las necesidades del contexto educativo y de los estudiantes, cuando menciona que utiliza varios libros de texto, simulaciones o la consideración de materiales caseros. De igual forma, destaca esa preocupación por conocer las dificultades que presentan los estudiantes, tanto a nivel experimental como conceptual, sin limitarse, a que estos solo aprendan a armar circuitos, si no, que comprendan la naturaleza de los datos que obtienen, a través de las mediciones que realizan, como lo deja claro en su manifestación de la importancia de la comprensión de la pendiente y de la graficación de datos por medio de recursos tecnológicos como las hojas de cálculo. Finalmente, en lo que respecta a promover la investigación en los estudiantes, pone de manifiesto, la sinceridad, ante interrogantes que en ese momento no maneja y las convierte en preguntas de investigación, lo que complementa el rol de facilitadora y su tendencia a promover el rol activo en los estudiantes.

REFERENCIAS

Amórtegui, E. F. (2018). Contribución de las prácticas de campo a la construcción del conocimiento profesional del profesorado de biología. Un estudio con futuros docentes de la Universidad Surcolombiana (Neiva, Colombia). Tesis Doctoral, Universitat de València, Valencia, España.

Andalón, J. [math2me] (2016, diciembre 19). Cómo resolver un circuito eléctrico en serie. [Video]. <https://youtu.be/-zuNO1MoPz4>

Fernández, C. y Fernandes de Goes, L. (2014). Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de ciências e matemática. En Garritz, A., Daza, S. y Lorenzo, M.G (Eds.), *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana* (pp. 66-100) Saarbrück: Editorial Académica Española.

Garritz, A. (2014). Pedagogical Content Knowledge. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education*. Springer: Dordrecht. <https://doi.org/gcv6>

- Gess-Newsome, J. y Carlson, J. (2013). The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge. The Symposium Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit, ESERA Conference 2013. Nicosia, Chipre.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (Eds.), *Reexamining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). New York: Routledge.
- Lescano, A., Sánchez, G., y Lorenzo, M. (2018). Desarrollo del conocimiento profesional docentes sobre espectroscopía durante un proceso de investigación-acción. *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(Extra), 127-134.
- 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, J., y Borko H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (Vol. 6, pp. 95-132) Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher.
- Melo, L., Cardona, G., Cañada, F., y Martínez, G. (2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de física en Colombia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(76), 253-279.
- PhET Colorado. (s.f.). Ley de Ohm. https://phet.colorado.edu/sims/html/ohms-law/latest/ohms-law_es.html
- Retana-Alvarado, D. A., Vázquez-Bernal, B., de las Heras Pérez, M. A., y Jiménez-Pérez, R. (2021). Las causas del cambio emocional en el clima de aula desde la hipótesis de la complejidad. *Revista Interdisciplinaria Sulear*, 9, 170-190.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/bg52xz>
- Stake, R. E. (2005). *Qualitative case studies*. In N. Denzin, y Y. Lincoln, *The SAGE Handbook of Qualitative Research* (pp. 443-466). Thousand Okas: SAGE.
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., Matilde, M. y Mellado, V. (2009). Aprendizaje escolar y obstáculos. Estudio de caso de una profesora de ciencias de secundaria. *Ciência e Educação*, 15(1), 1-19. <https://doi.org/bnp2vn>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., Mellado, V. y Taboada, M. (2010). La Resolución de Problemas: ¿podemos cambiar el tipo de actividades en el aula? Estudio de un Caso. En A. M. Abril y A. Quesada (Eds.) *XXIV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 118-125. Jaén: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Jaén.