

Retrato de un joven hombre (c.1482)
Sandro Botticelli

El profesor de ingeniería: fundamentos de una actividad profesional con formación e identidad propia **Engineering teacher: foundations of professional activity with training and own identity**

Oscar Yesid Mariño Beltrán

oymarinob@unal.edu.co, oymarinob@udistrital.edu.co

Actualmente estudiante de Doctorado en Educación Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Magister en Educación Universidad de los Andes, Especialista en Ciencias Físicas Universidad Nacional
de Colombia, Licenciado en Física Universidad Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Profesor área de Ciencias Básicas Facultad de Ingeniería Universidad de San Buenaventura Bogotá,
Profesor departamento Ciencias Naturales Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Resumen

La formación del profesor se ha convertido en una problemática emergente y en desarrollo dentro de la educación en ingeniería. Razón por la cual se hace imperioso establecer los fundamentos que permitan diseñar propuestas de formación significativas que favorezcan una enseñanza y aprendizaje conforme a las transformaciones sociales. Este escrito presenta el resultado de un análisis de antecedentes teóricos y e investigaciones que relacionan una fundamentación para la formación de profesores de ingeniería desde los campos de las ciencias de la educación, la educación en ingeniería y la didáctica de las ciencias. Mediante la articulación de dichos campos se busca establecer elementos constitutivos que permitan reconocer al profesor de ingeniería como un experto en educación, con formación profesional y dimensión epistemológica. Por último, se propone un modelo para la formación articulando elementos desde la investigación crítica y la práctica pedagógica reflexiva sobre la base del perfil y desarrollo profesional que demanda el campo de la educación en ingeniería. Este análisis de antecedentes hace parte de un proyecto de investigación doctoral que se encuentra en desarrollo y cuyo propósito es constituir los lineamientos para el diseño e implementación de planes de formación para profesores de ingeniería en ejercicio, fundamentados desde el reconocimiento de sus conocimientos profesionales y de una epistemología propia del docente de esta disciplina.

Palabras claves: Profesor de Ingeniería, Conocimientos Profesionales, Epistemología Docente, Investigación Crítica, Modelo Reflexivo ALACT.

Abstract

The training of the professor has become an emerging and evolving issue within engineering education. This is why it is imperative to establish the foundations that allow designing meaningful training proposals that promote teaching and learning processes in accordance with social transformations. This paper presents the result of an analysis of theoretical backgrounds and research referring to a foundation for the training of engineering professors from the fields of educational sciences, science didactics, and engineering education. Through the integration of these fields, the aim is to establish constituent elements that allow recognizing the engineering professor as an intellectual in education, with professional training and epistemological dimension. Finally, a model for training is proposed, integrating elements from critical research and reflection on pedagogical practice based on the profile and professional development demanded by the field of engineering education for its professors. This background analysis is part of a doctoral research project that is in development and whose purpose is to establish guidelines for the design and implementation of training plans for practicing engineering teachers, based on the recognition of their professional knowledge and the epistemology of the teachers this discipline.

Keywords: Engineering Professor, Professional Knowledge, Teaching Epistemology, Critical Research, Reflective ALACT Model.

Introducción

Para las ciencias de la educación un aspecto de relevancia significativa se enfoca en analizar los modos y productos de la interacción de los procesos formativos en contextos sociales y culturales específicos. La formación con propósitos de desarrollo humano del sujeto político, implica también el aprendizaje de saberes y conocimientos para el desempeño de un oficio profesional, lo cual ha venido demarcando una diferencia entre objetos de estudio y alcances tanto de la pedagogía como de la didáctica, entendidas desde el citado campo como disciplinas preferentes con un conocimiento propio.

El problema de la formación del profesor en tanto intelectual de la educación aborda entre otros aspectos, asuntos relacionados sobre cómo enseñar a elaborar conocimientos para el desempeño de un oficio o profesión. La articulación que desde la educación pueden dar la pedagogía y la didáctica como disciplinas que proponen referentes teóricos e investigaciones, permiten identificar las exigencias de la formación docente en cualquier nivel educativo, y en especial, para profesores de ingeniería.

Sin lugar a duda desde la didáctica de las ciencias como campo de conocimiento en educación emergen posturas, investigaciones y prácticas relacionadas con la formación de profesores como una problemática de gran interés e impacto en los procesos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje, afirmación que se encuentra claramente sustentada (Fraser, et al., 2012; Garritz, et al., 2014; Loughran y Hamilton, 2016). En el citado campo, existen líneas de investigación, entendidas como un conjunto de problemas, con referentes teóricos, métodos de indagación, hipótesis y soluciones (Zambra-

no, 2013), relacionadas específicamente con la formación de los profesores de ciencias, donde se identifican referentes acerca de los conocimientos a nivel profesional que debe tener un profesor, al igual que su epistemología propia, relacionada con las creencias, actitudes, concepciones y acciones sobre práctica docente (Briscoe, 1991; Furió, 1994; Mosquera, 2008; Oliver y Koballa, 1992; Porlán et al., 1997).

Si bien desde la didáctica de las ciencias la formación de profesores como problemática muestra una fundamentación teórica, investigativa y práctica, en el caso de la docencia universitaria, enfocada en los profesores de ingeniería, no ha sido estudiada y analizada de manera sistemática dentro del campo de la educación en ingeniería.

La educación en ingeniería ha desarrollado propuestas de manera aislada estableciendo planes de formación que apoyan procesos de capacitación docente en los conocimientos relacionados con la pedagogía y la didáctica que buscan cualificar la práctica profesional. Asociaciones y agremiaciones de facultades de ingeniería a nivel mundial unidos a esfuerzos de instituciones de educación superior, son ejemplos de la preocupación por definir el perfil y las competencias propias de un profesor de ingeniería. En estos procesos formativos e investigaciones propuestas, se ven reflejados elementos presentes desde la educación en ciencias, la didáctica y la pedagogía (Kolari y Savander-Ranne, 2002; Viiri, 2003; Jiron y Martínez, 2009; Jolly, 2012; Kipper y Rüttnann, 2012; Villas-Boas, 2016).

A pesar estos esfuerzos para establecer elementos que permitan desarrollar planes de formación de profesores, se percibe un distanciamiento en aspectos fundamentales

desde la educación en ciencias y la didáctica de las ciencias que pueden enriquecer el saber, el saber hacer y hacer de un profesor de ingeniería. De manera especial, estos campos resaltan el papel de los conocimientos profesionales y la epistemología docente y su impacto en la profesionalización de esta actividad.

De acuerdo con el marco de referencia anterior, se llevó a cabo una revisión de antecedentes teóricos e investigaciones desde los campos de la educación en ciencias (EC), la didáctica de las ciencias (DC) y la educación en ingeniería (EI). Mediante una exploración sistemática de bases de datos académicas, se recopiló información de libros, artículos, tesis doctorales, documentos técnicos y reportes de investigaciones, la cual fue analizada a partir de dos categorías principales, los conocimientos profesiones de la labor docente y la epistemología del profesor.

La clasificación de la información se realizó mediante la construcción de una base de datos, donde se identificaron aspectos tales como, fecha de publicación, campo de conocimiento, los fundamentos teóricos y marcos conceptuales relacionados con las categorías de análisis, la metodología y diseño de las investigaciones, así como, la recolección, análisis de datos, validez de resultados y conclusiones. Por último, con la información recolectada y a través del software Atlas.ti, se creó una unidad hermenéutica que permitió, recopilar, organizar, agrupar y relacionar todas las fuentes constadas de acuerdo a las categorías de análisis.

Este escrito presenta el resultado de la revisión y análisis de los antecedentes de un proyecto de investigación doctoral cuyo propósito es establecer los elementos constitutivos para una propuesta de formación

de profesores de ingeniería en ejercicio. Para ello, en primera instancia, se toman como referencia las categorías de análisis y se identifican los aportes desde cada campo de conocimiento mencionados. Estas categorías se redefinen como los conocimientos profesionales del profesor de ingeniería y la epistemología del profesor de ingeniería. En segunda instancia, se presentan referencias acerca de estrategias implementadas de formación del profesor de ingeniería desde EI. Por último, se plantea la propuesta de formación de profesores de ingeniería, tomando como referencia la investigación crítica como proceso formativo y un modelo reflexivo sobre la práctica para establecer un desarrollo profesional.

1. Conocimientos profesionales del profesor de ingeniería

Para las ciencias de la educación el profesor como profesión se fundamenta en una articulación de múltiples disciplinas que contribuyen a establecer, estructurar y dar sentido a su identidad profesional, aportando a una comprensión e interpretación del contexto de enseñar (De Tezanos, 2007). En ese orden de ideas, es pertinente preguntarse ¿qué saberes o conocimientos fundamentan la profesión de profesor de ingeniería? (Mariño, 2019). Para responder a esta pregunta es útil partir desde lo que la educación en ciencias, la didáctica de las ciencias y la educación en ingeniería con sus enfoques epistemológicos y prácticos tienen por decir.

1.1. Aportes de la Didáctica de las Ciencias (DC) y la Educación en Ciencias (EC) a los conocimientos profesionales

El análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias permite comprenderla como

un campo disciplinar de estudios que aplica diversas perspectivas de la educación científica, presentando diferentes líneas de investigación (Gil-Perez y Terrades, 1999), siendo la formación de profesores una línea de especial interés. De esta problemática emergen posturas acerca de construir una teoría de conocimiento profesional y escolar, articulada con propuestas de formación de profesores (Porlán et al., 1997).

Desde la educación en ciencias los conocimientos profesionales se han sustentado a partir de las ideas de Shulman y la teoría del PCK (Pedagogical Content Knowledge), la cual establece las bases para identificar los conocimientos a tener en cuenta en la formación de profesores a partir de una articulación entre la disciplina y la pedagogía (Shulman, 1986). El PCK se define como una forma especial de comprensión profesional, identificando los conocimientos distintivos para la enseñanza, lo cual permite distinguir entre la profesión de ser ingeniero y la de ser profesor de ingeniería.

Shulman propone unas fuentes de conocimiento profesional donde se destacan, la formación de la disciplina a enseñar, los elementos y el contexto de los procesos educativos institucionalizados (currículos, libros de texto, políticas educativas, perfil docente, entre otros), las investigaciones sobre educación y sus procesos, organizaciones, estructuras sociales y fenómenos socioculturales que involucran el quehacer docente y por último, el conocimiento relacionado con la experiencia docente, es decir, el conocimiento práctico.

A partir de la construcción teórica del PCK de corte metodológico y técnico, se han consolidado modelos cada vez más actualizados con elementos de la enseñanza y

aprendizaje activos (Gess-Newsome y Carlson, 2013; Helms y Strokes 2013; Magnusson et al., 1999; Mishra y Kpehler, 2006). En ellos se destacan las cualidades esenciales del conocimiento del maestro requeridas para la integración tecnológica en la enseñanza.

Con respecto a la DC, el desarrollo del conocimiento profesional del profesor está fundamentado en los trabajos de Broome y los aportes de Klafki, sentando las bases para establecer un conocimiento didáctico (Broome, 1988). Estos aportes unidos a los trabajos de Porlán y Mellado permiten tener elementos para fundamentar los conocimientos profesionales del profesor de ciencias (Porlán et al., 1997; Mellado, 2003).

Porlán y colegas (1997) identifican al conocimiento profesional como una yuxtaposición de saberes epistémicamente diferentes y son resultado de cuatro saberes generados en momentos y contextos coincidentes en distintas situaciones. Estos saberes obedecen a una construcción coherente de la actividad profesional basada en dos dimensiones, epistemológica y psicológica. Dichos saberes son: 1) saberes académicos, denominados saberes epistemológicos; 2) saberes basados en la experiencia (metodología, currículo, contenidos, evaluación, entre otros); 3) saberes basados en estructuras y rutinas de acción, las cuales establecen el saber más cercano a la conducta y 4) los saberes relacionados con las teorías implícitas, que explican las creencias y acciones relacionadas con las formalizaciones conceptuales.

En esa misma línea, Bromme (1998) identifica los conocimientos profesionales en dos aspectos, el primero relacionado con aquellos que el profesor usa en su práctica cotidiana, y el segundo, los conocimientos científicos que requiere el ejercicio de la pro-

fesión. Esto significa que el saber profesional debe incluir uno teórico junto a la experiencia práctica, teniendo una epistemología sobre la relación entre conocimiento científico donde se incluye lo disciplinar, lo didáctico y pedagógico y el conocimiento práctico.

Según Tuner-Bisset (2001), el enseñar implica apropiarse un conocimiento de la disciplina a impartir, conocer de aspectos curriculares y de modelos pedagógicos propios de la enseñanza y aprendizaje, articulando lo anterior en el contexto educativo. En este punto es importante identificar una relación entre lo que se propone en educación en ciencias y la didáctica de las ciencias acerca del conocimiento profesional del profesor, estableciendo un modelo de razonamiento y acción pedagógica, que permita definirlos desde un conjunto de categorías y procesos.

A partir de esta idea, se establecen dos componentes estructurantes a saber, el primero relacionado con un componente procesual, teniendo presente unas fases o ciclos acerca del razonamiento y acción didáctica. El segundo, es un componente lógico, relacionando diferentes categorías de construcción de conocimiento para la enseñanza, entre las que se destacan, un conocimiento disciplinar, un conocimiento pedagógico y curricular, un conocimiento de los estudiantes y del contexto educativo y el de los fines y de los valores de la educación.

En definitiva, el conocimiento de diferentes disciplinas estructura la formación de profesores y su relación con enseñar (De Tezanos, 2007), dicha formación se fundamenta en un conjunto articulado de varias disciplinas que le dan sentido profesional, lo cual permite el ejercicio del oficio de ser profesor con las competencias y exigencias que demanda la educación en ingeniería. So-

bre este punto es importante profundizar en definir estas disciplinas y cómo ellas inciden en su práctica profesional, mostrando el impacto que pueden tener al construir planes de la formación.

1.1.1. Conocimiento de las disciplinas y la práctica que identifican la profesión de profesor

Desde el contexto histórico de las ciencias de la educación y su relación con la enseñanza y el aprendizaje la pedagogía se sitúa como una ciencia que establece los fundamentos de la profesión docente. Más allá de discutir la definición o sus orígenes, es indudable que no basta con ella para establecer criterios que permitan definir una formación e identidad profesional docente. Los aportes de disciplinas como la didáctica, la historia, los contextos y metodologías de enseñanza, la psicología o la epistemología, favorecen y contribuyen a estructurar dicha identidad. (De Tezanos, 2007). En ese mismo sentido, se tienen disciplinas como la historia de educación, la filosofía, la sociología, entre otras, que aportan conocimientos para la comprensión e interpretación de los contextos donde se ejerce la actividad profesional.

Es posible pensar que las disciplinas mencionadas anteriormente son un cúmulo de saberes o conocimientos que influyen en la profesión de profesor de manera aislada. No obstante, la propuesta es interpretarlas como una red conectada y articulada con el propósito de dar identidad y establecer elementos para comprender e interpretar los contextos donde se desarrolla la profesión. En ese orden de ideas, el propósito no es adquirir el conocimiento de todas las disciplinas, sino reconocer y establecer sus aportes a la definición profesional de la docencia, lo cual permita una comprensión del entorno edu-

cativo, de las competencias y habilidades de sus estudiantes, al igual que diseñar, construir e implementar transposiciones didácticas entre los conocimientos de la disciplina y el conocimiento escolar.

Al igual que el reconocimiento de las disciplinas y su importancia en el quehacer del profesor, se encuentra el hecho de reconocer esta actividad desde una perspectiva reflexiva, entendiendo esto como un proceso en la acción para lograr una comprensión. Schön (1998) propone interpretar la reflexión como una construcción de conocimiento, es decir, un análisis reflexivo acompañado de una propuesta que permita orientar las acciones de profesor en un pensamiento práctico. Esta idea se fundamenta en tres aspectos: el conocimiento en la acción, que relaciona el saber hacer, implícito en la actividad práctica; la reflexión en y durante la acción, relacionado con un pensamiento que produce el profesor sobre su accionar; y la reflexión sobre la acción y sobre la reflexión sobre la acción, relacionado con un análisis posterior que realiza el profesor sobre los procesos involucrados en su propio accionar.

Estos conocimientos prácticos pueden verse como constructos personales (Clandinin y Connelly, 1987), sin embargo, para algunos son mediados también por el contexto donde se desarrolle la acción y son resultado de interacciones que se relacionan con la experiencia y la reflexión docente en la acción, a través de los conocimientos profesionales (García e Izquierdo, 2014; Dávila et al. 2013; Gholami y Husu, 2010; Clarà y Mauri, 2010; Tamir, 2005; Van Driel et al. 2001). Esto lleva a pensar en una epistemología del conocimiento práctico y en es allí donde se configuran y articulan los conocimientos profesionales mediados por un aprendizaje y reflexión permanente del profesor.

1.2. Aportes de la educación en ingeniería (EI) a los conocimientos profesionales

1.2.1. La educación en ingeniería como campo de conocimiento

El desarrollo de la educación en ingeniería como campo de conocimiento no ha tenido una evolución y desarrollo tan estructurado y sistemático como otros campos. En una primera etapa, investigadores y académicos buscaban compartir sus aportes en los procesos de enseñanza y aprendizaje en ingeniería utilizando publicaciones y encuentros en espacios de acerca de tópicos generales de la educación, produciendo una difusión y dilución de este tipo de trabajos, llevando a profesionales de esta disciplina y sus procesos formativos a desconocer los aportes acerca de este campo. Esto lleva a tener argumentos en relación con identificar problemas en la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería propios (Borrego y Bernhard 2011), que permita posicionarlo y consolidarlo como un campo de conocimiento como propone Bourdieu (1994).

Borrego y Bernhard (2011) presentan un panorama del surgimiento de la educación en ingeniería como campo de investigación, intencionalmente conectado a través del establecimiento de grupos de interés, conferencias, publicaciones y la capacitación mediante la implementación de programas en centros de formación de profesores. Existen referencias donde se organiza y sistematiza revistas académicas desde la EI (Shawcross y Ridgman, 2013; Van Epps, 2013), donde se evidencia un esfuerzo por presentar en espacios académicos y difusión a nivel mundial investigaciones y propuestas académicas.

En las investigaciones se abordan diferentes problemáticas y áreas de interés, por ejemplo, las epistemologías de la ingeniería donde se constituye el pensamiento y el conocimiento de la ingeniería, los métodos efectivos de aprendizaje y enseñanza de la ingeniería, la diversidad e inclusión en ingeniería, la evaluación, cuestiones acerca de la práctica docente, entre otros. Estos aportes e iniciativas han permitido el desarrollo de propuestas para mejorar procesos formativos tomando como referentes orígenes y análisis históricos, que estructuran objetivos y contenidos (Crawley et al., 2014). Así mismo, se resaltan procesos de innovación de acuerdo con las necesidades y exigencias de una sociedad en constante transformación (Natajara, 2014; Chrinstensen y et al., 2015; Auer y Kim 2018).

Es claro ver que el desarrollo y evolución del campo de la EI ha girado en torno a objetivos, contenidos, estructuras curriculares y métodos de enseñanza y aprendizaje acorde a unas necesidades sociales. No obstante, hay una problemática aún pendiente y que, de acuerdo con los aportes de la DC y la EC, es fundamental para la consolidación de cualquier campo de conocimiento relacionado con la educación, esta es, la formación y profesionalización del profesor. Es importante incluir esta problemática como línea de investigación que permita establecer fundamentos teóricos, experiencias y prácticas con el ánimo de fortalecer planes de formación con sentido crítico y reflexivo.

1.2.2. Los conocimientos profesionales del profesor desde la (EI)

Las experiencias e investigaciones desde la EI relacionadas con reconocer los conocimientos profesionales del profesor se encuentran enmarcadas y fundamentadas en

los aportes de la EC y la DC. Esta idea no es ajena a la historia de la educación en ingeniería, ya que las ciencias naturales han sido parte fundamental en los procesos de desarrollo de este campo.

El concepto de ciencias técnicas y aplicadas de las escuelas de ingeniería a mediados del siglo XVIII y su evolución hacia finales del siglo XIX, dando importancia a la formación teniendo presente las ciencias y la matemática (Jørgensen, 2007), muestran una articulación de campos en pro de mejorar procesos formativos de los ingenieros, así como, de una formación disciplinar de acuerdo con los desafíos propuestos por las condiciones sociales y de desarrollo de la misma.

A continuación, se presentan una serie de esfuerzos que han desarrollado profesionales del campo de la educación en ingeniería y que de manera aislada han intentado establecer condiciones para definir los conocimientos profesionales del profesor de ingeniería.

Jouni Viiri (2003) a través de una propuesta fundamentada desde el PCK estudio las concepciones de los profesores mediante las ideas y referentes conceptuales relacionados con enseñanza la física mecánica en ingeniería. En este trabajo se reconoce la importancia de las actitudes y concepciones de los profesores a la luz de PCK y la reflexión constante sobre la labor docente. En esa misma línea, Jirón y Martínez (2009) plantean una aproximación al conocimiento profesional a partir de cuestionar e indagar en el pensamiento del profesor de ingeniería, en especial aquellos que no han tenido una formación como profesores. Los resultados de las investigaciones muestran una dificultad en identificar conocimientos propios, confundiendo con el concepto de competencia profesional e identificando esta última como una capacidad para resolver problemas.

De la mano de Kipper y Rützmann (2012) se propone una estrategia y modelo de enseñanza efectivo, donde se presentan cuatro tipos de conocimientos esenciales para una enseñanza experta: el conocimiento del contenido (disciplinar), el PCK, el conocimiento pedagógico desde las ciencias de la educación y el conocimiento de los estudiantes y el aprendizaje. El modelo se diseñó para lograr una comprensión profunda y un pensamiento crítico para la enseñanza de la ingeniería, buscando que los profesores generalizaran, aplicaran y representaran diferentes temáticas en formas nuevas e innovadoras con ayuda de múltiples tipos de conocimiento. En relación con esto, se han identificado propuestas metodológicas basadas en el PCK, resaltando una brecha entre lo que se considera un conocimiento ideal para ingeniería y las verdaderas posibilidades para desarrollar prácticas de enseñanza en la educación superior (Jolly, 2016, Rocha et al., 2017).

Es evidente el reconocimiento y la importancia por parte de la educación en ingeniería de trabajar y desarrollar propuestas teóricas y prácticas que permitan establecer los conocimientos profesionales propios del profesor de ingeniería y sus relaciones con el pensamiento, actitudes y concepciones, es decir, la epistemología docente.

2. La epistemología del profesor de ingeniería

La epistemología se asocia con la manera en la que el profesor construye conocimientos, desde un pensamiento científico, filosófico y práctico. Estos tienen una naturaleza específica, relacionándose con el análisis de las creencias, las concepciones acerca de los conocimientos sobre el aprendizaje y la enseñanza, así como, desde la construcción de

un conocimiento científico disciplinar. Diferentes posturas en educación permiten identificarla y definirla, de manera que pueda relacionarse con el conocimiento profesional del profesor, con el fin de establecer un perfil integral.

2.1. Aportes de la didáctica de las ciencias DC a la epistemología del profesor

La epistemología del profesor afecta la forma en que se organiza y se transmite el conocimiento en el aula (Young, 1981). Siendo un punto de interés desde la DC, donde se identifica como una epistemología personal que afecta y media los procesos de enseñanza, al igual que contribuye a la construcción y apropiación del conocimiento (Brownlee et al., 2011; Hoffer, 2001).

Para Claxton (1987) el pensamiento del profesor es visto como un sistema de elementos interrelacionados, de carácter sistémico y coherente, que define y establece sus concepciones y creencias acerca del conocimiento y los procesos de enseñanza y aprendizaje involucrados. Allí emergen dos conceptos importantes y significativos a la hora de definir la epistemología personal docente, las creencias y las concepciones. En coherencia con esta idea, Porlán (1997) habla de las hipótesis de progresión del conocimiento profesional en relación con el pensamiento del profesor, al igual que Tobin y Espinet (1989) y Hodson (1993) acerca de las relaciones entre el pensamiento y la acción del profesor. Así mismo, Briscoe (1991) presenta argumentos sobre el origen de las ideas del profesor de ciencias y Oliver y Koballa (1992) relacionan las creencias, la comunicación y la acción en los profesores de ciencias.

Con respecto a las creencias se argumenta que son los mejores indicadores de las

decisiones que toman las personas en una situación particular (Bandura, 1992). Su estudio es un elemento importante para investigaciones relacionadas con la educación y para los procesos de profesionalización de la labor docente. Fenstermacher en sus trabajos, argumenta que las creencias pueden ser indicadores de la efectividad docente (Fenstermacher, 1979) y Pintrich propone que son una construcción psicológica vista desde perspectivas sociocognitivas y una valiosa fuente de información y análisis para la formación del profesor (Pintrich, 1990).

En resumen, como lo afirma Mosquera-Suárez (2011) desde las bases fundamentales de la DC, la epistemología docente se puede definir como un conjunto de concepciones acerca de cómo se construye la ciencia, los procesos de enseñanza y aprendizaje involucrados y las posibles relaciones con las actitudes que los profesores desde la práctica profesional expresan. De acuerdo con lo expuesto, es posible identificar y fomentar en planes de formación de profesores cambios didácticos, entendidos como cambios desde una reflexión en las actitudes, concepciones y acciones del profesor en su práctica. Esto involucra de manera simultánea elementos desde la conceptualización, la actitud y la metodología, lo cual favorece transiciones de concepciones epistemológicas y prácticas tradicionales y normalizadas, a nuevas concepciones y prácticas relacionadas con enseñar y aprender, al igual que sobre el currículo y la evaluación.

2.2. Aportes de la educación en ingeniería (EI) a la epistemología del profesor

Desde la EI se han desarrollado esfuerzos por analizar las actitudes y los procesos relacionados con transformar las concepciones y esquemas de acción presentes en los profes-

sores, estableciendo una necesidad por reconocer la importancia que tiene en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Telsang (2015) presentó un estudio de la transformación de un profesor tradicional de ingeniería a un facilitador de aprendizaje. Se resaltan aspectos como la incomodidad y resistencia del profesor al cambio, así como la pérdida del control de la clase al implementar la instrucción centrada en el estudiante. En esa misma línea Quinlan (2002) realizó una investigación sobre las creencias de profesores de ingeniería relacionadas con los objetivos, el contenido, la estructura de los cursos, su rol en la clase y la evaluación. Una de las conclusiones más importantes está enmarcada en las diferencias que tienen los profesores respecto a las creencias sobre la naturaleza de la profesión, los objetivos del aprendizaje, los enfoques de enseñanza y el análisis de las dificultades en el aprendizaje.

La EI reconoce que para tener una innovación educativa con sentido propio y que impacte de manera significativa procesos de enseñanza y aprendizaje se debe tener presente las creencias y concepciones del profesor. Van Driel y colegas (2001) presentaron un estudio sobre el conocimiento artesanal de los maestros de ingeniería en un proyecto de renovación curricular, identificando conceptos erróneos sobre el enfoque de enseñanza centrado en el estudiante y cómo esto afecta los planes de innovación curricular. En relación con esto, Ayala-Torres (2013) realizó un análisis sobre las concepciones de futuros profesores de ingeniería acerca de la adquisición de conocimiento, obtención de una comprensión, práctica de la resolución de problemas y aplicación del conocimiento, encontrando que estas concepciones tienen una relación muy estrecha con los procesos de enseñanza y aprendizaje de su disciplina

y por ende en el papel que ellos juegan en dichos procesos.

En definitiva, la EI reconoce la importancia de identificar una epistemología del profesor de ingeniería propia, articulada con unos conocimientos profesionales, que permitan establecer planes de formación consecuentes con la necesidad de mejorar los procesos formativos involucrados en el estudio de esta disciplina.

3. La formación del profesor de ingeniería

Hablar de la formación de profesores apunta a una reflexión sobre las competencias y las habilidades que se deben desarrollar acerca del conocimiento de la disciplina, de la pedagógica y la didáctica, al igual que de una apropiación de metodologías para el trabajo práctico. (De Tezanos, 2007; Esteve, 2009; Mosquera, 2011). Desde La DC se han propuesto elementos constitutivos que pueden ayudar a sustentar la formación de profesores de ingeniería como un experto en didáctica. Se resalta el interés por identificar un conocimiento acerca de la historia de la profesión y de las diferentes disciplinas que la estructuran, así como con la práctica docente y la reflexión sobre lo que se piensa, se dice y se hace.

Desde la historia de la ingeniería es posible identificar elementos que permiten conocer su epistemología (Bucciarelli, 2003), identificar su filosofía (Jaramillo, 2014), y su impacto en las transformaciones sociales (Christensen et al., 2015). Sin embargo, la profesión de profesor de ingeniería no se encuentra identificada o establecida con claridad y en algunos contextos su papel ha sido menospreciado. Si bien, se admite un inte-

rés por dar a conocer el desarrollo histórico y evolución de la ingeniería tanto en la formación como a nivel curricular en diferentes contextos y épocas (Bazant, 1984; Torres y Salazar, 2002), no se percibe de manera específica y clara, el papel que el profesor tienen en dichos procesos evolutivos.

3.1. La formación de profesores desde la educación en ingeniería (EI)

La educación en ingeniería ha desarrollado esfuerzos en implementar planes de formación de profesores, reconociendo de alguna manera la importancia en los procesos educativos de los ingenieros en formación.

Existen programas de certificación internacional donde se establecen planes de formación profesoral, resaltando un interés por los métodos de enseñanza y estructuras de aprendizaje activo para el desarrollo de competencias, pensamiento crítico y currículo (Shageeva, 2020). Algunos fomentan la práctica docente efectiva articulando elementos desde la pedagogía y la didáctica (Villas-Boas, 2016), así como, propuestas teóricas y psicoeducativas para fomentar la creatividad técnica en la práctica docente (Byvalkevich, 2020). Sin embargo, no hay un reconocimiento de elementos que permitan identificar la docencia como una profesión con identidad propia, que demanda un proceso de formación específico.

Se han desarrollado propuestas de formación acompañadas de aportes y experiencias desde la misma práctica docente (Chumpitaz y Corrales, 2018; Kolari y Savander-Ranne, 2002), donde se destaca la identificación de objetivos y la apropiación de referentes tales como el PCK. Al igual, se han definido competencias y capacidades del profesor y el aporte de otras disciplinas o campos de

conocimiento en la formación de profesores. Con respecto a las competencias, se hace énfasis en el uso de las tecnologías de información y comunicación (TICs) en las prácticas de aula (Vargas et al., 2014).

En Colombia, se han propuesto planes de capacitación de profesores. Uno de ellos ha sido propuesto por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI). A través de seminarios de formación, buscan desarrollar en los profesores habilidades y conocimientos desde la pedagogía (Blanco, 2009). En ellos, se reconoce la importancia de la capacitación del profesor en el mejoramiento de la calidad de la ingeniería en Colombia y Latinoamérica, promoviendo el surgimiento de una nueva profesión de profesor de ingeniería y resaltando la necesidad de afianzar los valores éticos en la profesión.

En conclusión, es fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje, la formación del profesor de ingeniería visto con una identidad propia y profesional. Esto obedece a las exigencias que desde la EI se requiere para considerarse un profesor de ingeniería, como son: ser filósofo educativo y provocador, investigador educativo, educador interdisciplinario, líder en la enseñanza y docente practicante reflexivo (Adams, 2008).

4. Propuesta para la formación de profesores de ingeniería

De acuerdo con el panorama presentado desde la educación en ingeniería, la didáctica de las ciencias y la educación en ciencias, pensar la formación del profesor de ingeniería implica verlo como una problemática que requiere de una fundamentación teórica y práctica, identificando de manera clara los conocimientos profesionales que definen la

profesión y reconociendo una epistemología con identidad propia. Para que esto se pueda dar, una propuesta de formación debe articular los aspectos mencionados anteriormente con un trabajo de práctica crítico y reflexivo por parte del profesor y de los profesionales a cargo de su formación. Esto lleva a plantear, ¿qué estrategias desde la práctica docente se pueden articular a planes de formación de profesores de ingeniería para alcanzar una profesionalización?

4.1. La investigación crítica como proceso formativo

El aprendizaje es entendido como un proceso de participación sociocultural, donde se genera una negociación de significados a partir de los aportes de cada individuo desde sus conocimientos y experiencia (Wenger, 2001). Esto lleva a pensar al profesor de ingeniería como un docente investigador, tal como lo propone Stenshouse (1998) y Elliot (1993). Es decir, considerar que las experiencias en la clase no son homogéneas y requieren una investigación particular que solo puede ser desarrollada por el profesor. Se propone entonces reconocer que las experiencias de enseñanza son susceptibles de mejorar a partir de investigaciones dentro de la misma clase y el docente debe adquirir las destrezas para convertirlo en un profesional activo de su propio proceso formativo e investigativo.

Uno de los desafíos que conlleva un proceso de formación de profesores está en la articulación de los conocimientos que los investigadores en educación presentan y la práctica pedagógica del profesor. Esto permite reconocer y entender que los primeros ayudan en los procesos de transformación y cambios pedagógicos y didácticos de los segundos a través de un dialogo crítico y reflexivo, como lo propone Schön (1998).

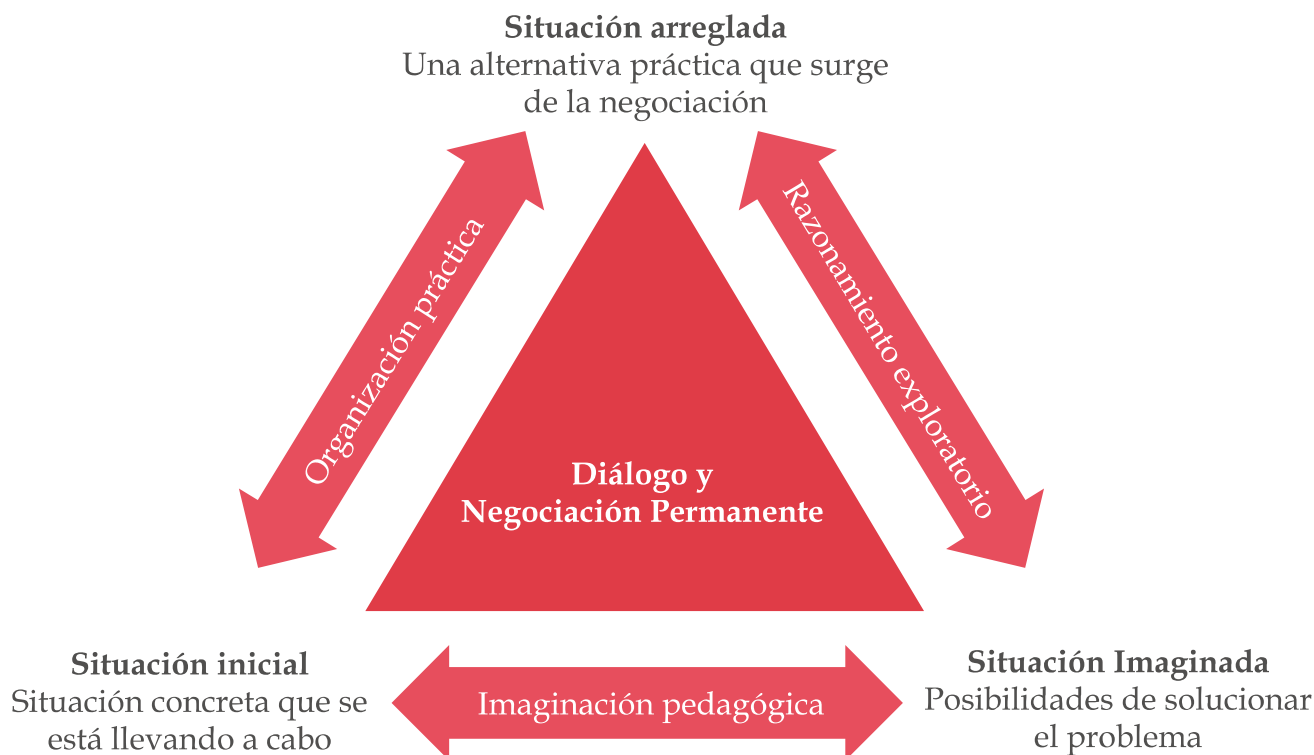
La investigación crítica es una propuesta que parte de la reflexión acerca del quehacer pedagógico con la intención de generar transformaciones en la práctica. El modelo de investigación crítica colaborativa fue planteado por Skovsmose y Borba (2004) con la intención de evidenciar la interacción entre perspectivas teóricas y las metodologías que se encuentran presentes al realizar investigación educativa. Estos autores denominan a esta interacción, resonancia, la cual permite identificar y analizar procesos de investigación en situaciones concretas que involucran cambios tanto en la realidad que es observada como en la metodología que es utilizada en un dialogo y negociación entre los investigadores en educación y el profesor.

Skovsmose y Borba (2004) proponen que para hacer investigación crítica en prácticas

pedagógicas se requiere considerar lo que ocurre de manera simultánea con lo que podría tener lugar y reconocer lo que podría imaginarse, es decir, identificar las alternativas posibles a lo que sucede.

La *figura 1* muestra el proceso de interacción entre una práctica educativa existente (situación inicial), una nueva forma de realizarla (situación arreglada) y una propuesta pedagógica ideal fundamentada en la teoría (situación imaginada). Los procesos relacionados entre estas situaciones definen el trabajo articulado entre profesores e investigadores en educación. La relación entre la situación inicial y la situación imaginada está mediada por una imaginación pedagógica, es decir, las acciones y conceptualizaciones utilizando el conocimiento práctico del profesor y los aportes de los investigadores.

Figura 1
Modelo de situaciones y procesos de investigación crítica.



Fuente: adaptado de Skovsmose y Borba (2004, p.216)

La relación entre la situación inicial y la arreglada se establece mediante una organización práctica, fundamentada en la cooperación y negociación de los conocimientos puestos en práctica, llevando la situación imaginada a una realidad. La relación entre la situación imaginada y la situación arreglada implica un proceso analítico de reconsiderar las situaciones, sus ventajas y desventajas en un discurso pedagógico y negociado.

A la luz de esta propuesta, se han presentado investigaciones que demuestran las bondades de su implementación en contextos formativos de profesores universitarios (Skovsmose, 2023; Skovsmose, O., Valero, P., y Christensen, O. 2008; Moreno-Pino, F. M., 2022). Finalmente, la investigación crítica es una alternativa apropiada para articular procesos de formación de profesores de ingeniería, donde se fomenta una negociación de significados pedagógicos, y los profesores pueden desarrollar una práctica reflexiva y crítica con ideas y herramientas pedagógicas apropiadas.

4.2. La formación del profesor de ingeniería y su desarrollo profesional. Modelo ALACT

La formación docente está relacionada con un interés por buscar una profesionalización del profesor de ingeniería. Hay que reconocer que los profesores pueden aprender desde un análisis crítico y reflexivo de su propia conducta y asumir la responsabilidad de las acciones que se desarrollan en ambientes de aprendizaje. Es claro que la toma de decisiones sistemática y con sentido en estos ambientes representa la profesionalidad.

La docencia con fundamento profesional debe en su práctica utilizar análisis lógicos, racionales y los diferentes conocimientos

que tenga a mano, es decir, los conocimientos profesionales del profesor. La práctica y la reflexión sobre la práctica es otra forma de conocimiento. Dewey (1933) contextualiza la reflexión, afirmando que esta no implica una secuencia de ideas, sino una consecuencia, un orden que determina lo siguiente como resultado de lo adecuado.

Dentro de la reflexión existen unos procesos de interpretación y guía de las acciones del profesor. Schön (1991) los describe como un saber en acción, donde su análisis permite el desarrollo espacios de formación significativos. A partir de esta idea emergen propuestas acerca de cómo analizar de manera sistemática dichos procesos. Uno de ellos es el modelo Action, Looking back on the action, Awareness of essential aspects, Creating alternative methods of action y Trial (ALACT). De acuerdo con el perfil del profesor de ingeniería, este modelo puede ser una alternativa para articularse de manera asertiva en la construcción de planes de formación.

El modelo reflexivo ALACT se fundamenta experiencias de formación de profesores y su articulación con el desarrollo profesional. Fred Korthagen propone el modelo desde la experimentación práctica, de manera que un trabajo formativo se fundamente en una experiencia con base reflexiva, formando integración entre la teoría y práctica. La práctica reflexiva sistemática aporta múltiples maneras de actuar en contexto, fomentando un vínculo de ésta con la teoría y la epistemología del profesor en formación. A la conexión entre las experiencias prácticas y conocimiento teórico al que se encuentra expuesto un profesor se denomina un aprendizaje realista (Korthagen y Kessels, 1999).

Desde el concepto de realismo, subyacen unos principios, donde se destaca, tomar

como punto de partida los interrogantes o cuestionamientos que surgen de la misma práctica y que experimenta el profesor (Korthagen, 2001). La formación realista está direccionada a fomentar una reflexión sistemática, reconociendo que el aprendizaje es un proceso social e interactivo. Este modelo considera que en la formación de profesores se encuentra implícito una identidad propia que permite fermentar la autocomprensión y la motivación para conducir su propio desarrollo profesional. Se deriva entonces un claro planteamiento inductivo, basado en las propias observaciones y reflexiones de los docentes, en relación con situaciones concretas.

La sistematización de este aprendizaje pone en práctica el modelo ALACT que se entiende como; una actuación, una atención en la actuación o retrospectiva, una concienciación vista como identificación y reconocimiento de aspectos esenciales, una exploración o búsqueda de alternativas en los métodos de actuación y la práctica o ensayo.

La actuación se relaciona con la experiencia y la descripción sistemática de situaciones que generan interés por parte del profesor, planteando una reflexión inicial frente a su práctica. La atención a la actuación se relaciona con una mirada hacia atrás con el fin de analizar las situaciones involucradas en la actuación, identificando los aspectos que condicionan la visión que se tiene sobre estas. La concienciación busca identificar aspectos importantes al analizar las razones de la actuación. La exploración es un espacio de evaluación y búsqueda para afrontar las diferentes situaciones, estableciendo estrategias para afrontar la situación. Por último, la práctica es llevar a la acción estrategias y propuestas desarrolladas de acuerdo con las etapas anteriores.

En resumen, el enfoque de formación realista se mueve sobre cuatro elementos, las experiencias respecto al aprendizaje en la práctica, las reflexiones que dan lugar a una metodología (ALACT), la interacción profesor e investigador en educación y un aprendizaje desde diferentes fuentes de conocimiento teórico-práctico. Korthagen y Vasalos (2005) proponen un esquema que describe el proceso cíclico del modelo, identificando las intervenciones y el acompañamiento parmente del investigador en educación de acuerdo con las etapas por las que el profesor debe pasar, como se puede ver en la *figura 2*. En estas etapas se evidencia el comportamiento, las creencias, las competencias y la identidad profesional del profesor desde reflexiones didácticas y pedagógicas. (Ver *figura 2*)

5. Consideraciones finales y conclusiones

A partir de construcción y revisión de antecedentes presentados en este escrito, la propuesta de investigación doctoral establece los fundamentos que permiten desarrollar una propuesta de formación de profesores de ingeniería, identificando tres elementos estructurantes: los conocimientos profesionales, la epistemología docente y una práctica reflexiva y crítica. La figura No. 3 muestra la articulación de estos elementos y permite definir las siguientes consideraciones. (Ver *figura 3*)

En primer lugar, la triada establece la epistemología del profesor de ingeniería como un espacio donde las actitudes y concepciones que este tiene acerca del conocimiento de su disciplina y la naturaleza de la ciencia permiten identificarlo con una identidad propia. De igual manera, posibilita recono-

Figura 2
Esquema del modelo ALaCT de reflexión del profesor relacionada con las intervenciones del investigador



Fuente: ajustado de Korthagen y Vasalos, (2005)

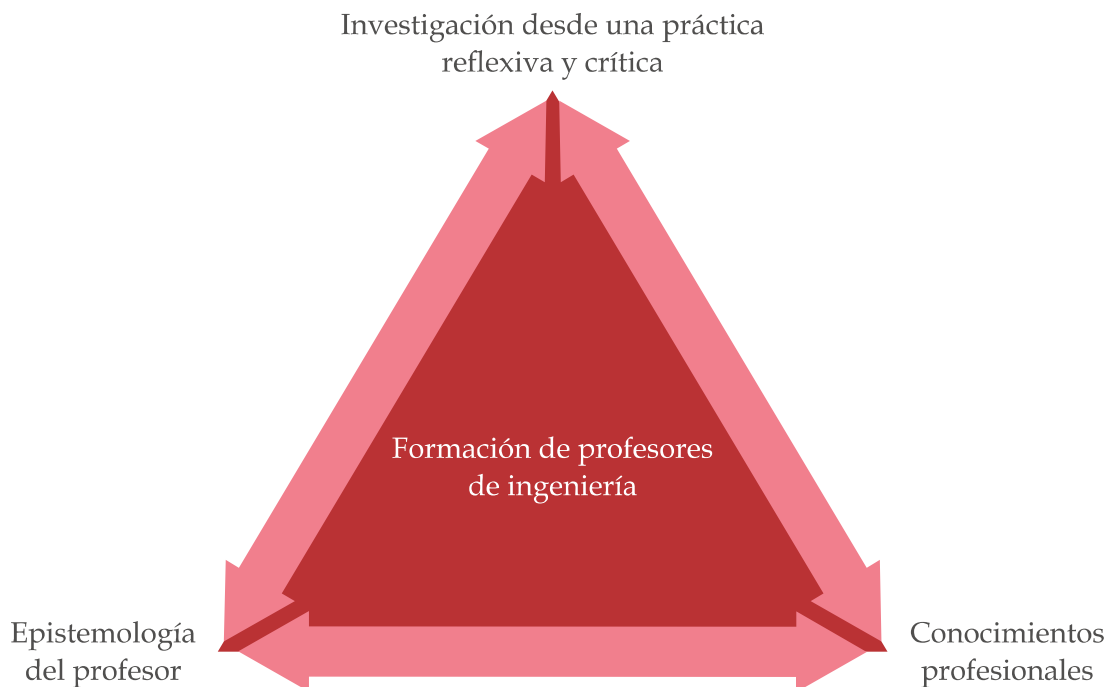
cer en él las formas de enseñar y de aprender mediante los esquemas de acción presentes en la práctica. Un profesor de ingeniería tiene una epistemología propia, que no es posible desconocer en el diseño e implementación de planes de formación.

En segundo lugar, los conocimientos profesionales del profesor de ingeniería se muestran como el pilar que fundamenta la actividad profesional. Esos conocimientos relacionados con la disciplina que se enseña, presentes desde su historia y filosofía, son fuentes que se articulan con la construcción de un conocimiento científico, pedagógico y didáctico. El tener presente los conocimientos profesionales en los planes de formación

favorecen e identifican como propia la labor docente, distanciado la idea de que un profesor de ingeniería solo necesita una buena formación disciplinar.

En tercer lugar, se identifica el espacio de formación como un proceso de investigación teórico y práctico, donde el profesional en educación comparte sus conocimientos desde los campos de la educación y la educación en ingeniería con el profesor investigador, el cual, a su vez, comparte conocimientos desde una práctica reflexiva y crítica. Un escenario idóneo lo establece la articulación entre la metodología desarrollada desde investigación crítica y el modelo reflexivo ALAC. En ese diálogo permanente, sistemá-

Figura 3
Elementos estructurantes para la formación de profesores de ingeniería



Fuente: elaboración propia

tico y constructivo de estos dos elementos, se desarrolla un escenario de formación profesional con espacios de discusión e intercambio de ideas, que permiten encontrar respuestas a la pregunta que toda propuesta de formación profesoral debe considerar, ¿qué debe saber, saber hacer y hacer un profesor de ingeniería?

Para finalizar, como se mencionó anteriormente, esta propuesta de formación que hace parte de un proyecto de investigación doctoral el cual está adscrito al Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Francisco José de Caldas y se encuentra en etapa de implementación. El objetivo es articular los antecedentes de los tres elementos estructurantes con un desarrollo metodológico en la práctica con profesores de ingeniería en ejercicio. Se busca identi-

ficar en dicha implementación cambios en las concepciones, actitudes y su accionar, en otras palabras, identificar cambios didácticos que evidencien transiciones en sus concepciones epistemológicas y en las prácticas de aula. Esto permitiría reconocer las bondades de la propuesta formación y su impacto en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ingeniería. En próximas publicaciones se espera presentar los resultados encontrados de dichas intervenciones.

Referencias

Adams, R. y Felder, R. (2008). Reframing professional development: A systems approach to preparing engineering educators to educate tomorrow's engineers. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 239-240.

- Auer, M. y Kim, K., (Ed.) (2018). *Engineering Education for a Smart Society*. Springer.
- Ayala, A. (2013). *Future Engineering Professors' Conceptions of Learning and Teaching Engineering*. University of South Florida.
- Bandura, A. (1999). Moral disengagement in the perpetration of inhumanities. *Personality and social psychology review*, 3 (3), 193-209.
- Bazant, M. (1984). La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el Porfiriato, en *Historia Mexicana*, vol. 33, no. 3, 1984, pp. 254-297.
- Blanco, R. (2009). Seminario de Formación de profesores ACOFI. Seventh LACCEI Latin and Caribbean Conference for Engineering and Technology. June 2-5.
- Borrego, M., y Bernhard, J. (2011). The emergence of engineering education research as an internationally connected field of inquiry. *Journal of Engineering Education*, 100(1), 14-47.
- Bourdieu, P. (1994). El campo científico. *Redes: revista de estudios sociales de la ciencia*. 1(2), 129-160.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors, and teaching practices: A case study of teacher change. *Science education*.
- Broome, R. (1988). Conocimiento profesional de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias* 6 (1), 19-29.
- Brownlee, J., Schraw, G., y Berthelsen, D. (Eds). (2011). *Personal Epistemology and Teacher Education*. Routledge.
- Bucciarelli, L. (2003). *Engineering philosophy*. Delft, The Netherlands: DUP Satellite Press.
- Byvalkevich, L., Yefremova, O., y Hryshchenko, S. (2020). Developing technical creativity in future engineering educators.
- Christensen, S., Didier, C., Jamison, A., Meganck, M., Mitcham, M. y Newberry, N. (Ed.) (2015). *International Perspectives on Engineering Education*. Vol. 1. New York: Springer.
- Chumpitaz, L. y Corrales, C. (2018). *Propuesta de Curso de Formación Docente para la enseñanza de la ingeniería*. Innovation in Education and Inclusion: Proceedings of the 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology
- Clandinin, D. J., y Connelly, F. M. (1987). Teachers' personal knowledge: What counts as 'personal' in studies of the personal. *Journal of Curriculum Studies*, 19(6), 487-500.
- Clarà, M. y Mauri, T. (2010). T. El conocimiento práctico. Cuatro conceptualizaciones constructivistas de las relaciones entre conocimiento teórico y práctica educativa. *Infancia y Aprendizaje*, 33 (2), 131-141.
- Claxton, G. (1987). *Vivir y Aprender*. Alianza Psicología.
- Corrigan, D., Dillon, J. y Gunstone, R., (Ed.). (2011). *The Professional Knowledge Base of Science Teaching*. Springer.
- Dávila, G., Leal, F., Comelin, A., Parra, M. y Varela, P. (2013). Conocimiento práctico de los profesores: sus características y contradicciones en el contexto universita-

- rio actual. *Revista de la Educación Superior*, 42(166), 35-53.
- De Tezanos, A. (2007). Formación de profesores: Una reflexión y una propuesta. *Revista Pensamiento Educativo*, 41,2, 57-75.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. Boston: Heath y Co.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Ediciones Morata.
- Esteve, J. (2009). La formación de profesores: bases teóricas para el desarrollo de programas de formación inicial. *Revista de Educación*, 350, 15-29.
- Fenstermacher, G. (1979). A philosophical consideration of recent research on teacher effectiveness. In L.S. Shulman (Ed.), *Review of Research in Education* (Vol. 6, pp. 157-185). Peacock.
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 188-199.
- Fraser, B., Tobin, K. y McRobbie, C. (2012) (Ed.) *Second International Handbook of Science Education*. Dordrecht, Springer.
- García, A. y Izquierdo, M. (2014). Contribución de la Historia de las Ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 265-281.
- Garriz, A., Daza, S. y Lorenzo, M. (ed.) (2014). *Conocimiento didáctico del contenido. Una perspectiva iberoamericana*. Saarbrücken: Académica Española.
- Gess-Newsome, J. y Carlson, J. (2013). The PCK summit consensus model and definition of pedagogical content knowledge. In: *The Symposium Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK Summit)*, ESERA Conference 2013.
- Gholami, K., y J. Husu. (2010). "How Do Teachers Reason about Their Practice? Representing the Epistemic Nature of Teachers' Practical Knowledge." *Teaching and Teacher Education* 26: 1520-1529.
- Gil-Perez, A. y Terrades, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Revista educación y pedagogía*, 11(25), 13-65.
- Helms, J., y Stokes, L. (2013). *A Meeting of Minds Around Pedagogical Content Knowledge: designing an international PCK summit for professional, community, and field development (PCK Summit Report)*.
- Hodson, D. (1993). Philosophical stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science, *Interchange*, 24, 41-52.
- Hoffer, B. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Journal of Educational Psychology Review*, vol, 13, núm. 4, pp. 353-383.
- Jaramillo, D. (2014). Filosofía de la Ingeniería: Una disciplina profesional en construcción. En: *Revista INGE CUC*, Vol. 10, N° 1, pp. 9-18.
- Jirón, M. y Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los profesores de ingeniería: una aproximación al proble-

- ma. *Revista Tecné Episteme y Didáxis*, 4º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias.
- Jolly, H. (2016). Understanding pedagogical content knowledge for engineering education: the effect of field and habitus (Doctoral dissertation, University of Southern Queensland).
- Jørgensen, U. (2007). Historical accounts of engineering education. In *Rethinking engineering education* (pp. 216-240). Springer.
- Kipper, H. y Rüttemann, T. (2012). Teaching for understanding in engineering education. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*. 3. 1-9. 10.
- Kolari, S. and Savander-Ranne, C. (2002). Does pedagogical training benefit the engineering educator? *Global J. of Engng. Educ.*, 6, 1, 59-69.
- Korthagen, F. (2001). *Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Korthagen, F. y Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: Changing the pedagogy of teacher education. *Educational researcher*, 28(4), 4-17.
- Korthagen, F., y Vasalos, A. (2005). Levels in reflection: Core reflection as a means to enhance professional growth. *Teachers and teaching*, 11(1), 47-71.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2008). Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1301-1320.
- 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* (pp. 95-132).
- Mariño, O. (2019). La enseñanza de la ingeniería como actividad profesional: reflexiones para el cambio didáctico. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/ponencia.63>.
- Mellado Jiménez, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. v. 21, n. 3, noviembre; p. 343-358.
- Mishra, P., y Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mosquera, C. (2008). El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química. [Tesi doctoral] Universitat de València. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials.
- Mosquera, C. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3 (6), 265-282.
- Moreno-Pino, F. M., Jiménez-Fontana, R., Domingo, J. M. C. y Goded, P. A. (2022). Training in mathematics education from a sustainability perspective: A case study of university teachers' views. *Education Sciences*, 12(3), 199.

- Natarajan, R. (Ed.). (2014). *Proceedings of the International Conference on Transformations in Engineering Education: ICTIEE 2014*. Springer.
- Oliver, J., y Koballa, T. (1992). Science educators' use of the concept of belief. In 65th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- Pintrich, P. (1990). Implications of psychological research on student learning and college teaching for teacher education. En W. R. Houston, M. Haberman, y J. Sikula (Eds.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 826-857). Macmillan.
- Porlán Ariza, R., Rivero García, A. y Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento Profesional y Epistemología de los Profesores, II: Estudios Empíricos y Conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*. 16 (2), 271-288.
- Porlán Ariza, R., Rivero García, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias* 15 (2), 155-171.
- Quinlan, K. (2002). 'Scholarly dimensions of academics' beliefs about engineering education', *Teachers and Teaching Theory and Practice* 8(1), 41.
- Rocha, A., Roa, M. y Fuhr Stoessel, A. (2017). Estudios sobre el profesor. Análisis de un caso en la enseñanza universitaria en ingeniería. *Revista De Enseñanza De La Física*, 29, 129-138.
- Schön, D. (1998). *El profesional Reflexivo: Como piensan los profesionales cuando actúan*. Paidós.
- Shageeva, F., Mishchenko, E., Chernyshov, N., Nurgaliev, K., Turekhanova, K., y Omirzhanov, Y. (2020). International ENTER project: A new pedagogical training approach for engineering educators. *Vysshee obrazovanie v Rossii= Higher Education in Russia*, 29 (6), 65-74.
- Shawcross, J., y Ridgman, T. (2013). *Publishing Engineering Education Research*. HEA Academy Working Paper. Higher Education Academy.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Skovsmose, O. (2023). Initial Formulations of Critical Mathematic Education. In *Critical Mathematics Education* (pp. 167-184). Springer International Publishing.
- Skovsmose, O., y Borba, M. (2004). Research methodology and critical mathematics education. In *Researching the socio-political dimensions of mathematics education: Issues of power in theory and methodology* (pp. 207-226). Springer US.
- Skovsmose, O., Valero, P., y Christensen, O. R. (Eds.). (2008). *University science and mathematics education in transition*. Springer Science y Business Media.
- Stenhouse, L. (1998). *La investigación como base de la enseñanza*. Ediciones Morata.
- Tamir, P. (2005). Conocimiento profesional y personal de los profesores y de los formadores de profesores. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1-9.
- Telsang, M. T. (2015). *Outcome Based Education-Design Delivery and Assessment of*

- Product Design and Development Course at Undergraduate Engineering Program. *Journal Of Engineering Education Transformations*, 145-149.
- Tobin, K., y Espinet, M. (1989). Impediments to change: Applications of coaching in high-school science teaching. *Journal of research in Science Teaching*, 26(2), 105-120.
- Torres, J. y Salazar, L. Introducción a la historia de la ingeniería y de la educación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería, (2002)
- Turner-Bisset, R. (2001). *Expert teaching*. London: Fulton.
- Valencia, A. (2000) Breve historia de la ingeniería. *Revista Facultad de Ingeniería*, No. 20, junio.
- Van Epps, A. (2013). Educating for evidence-based decisions in engineering: The view as librarian and instructor.
- Van Driel, J., Beijaards, D., y Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: the role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- Vargas, J. A., Arango, J., y Domínguez, L. (2014). Estrategia instruccional para la formación de docentes del programa de Ingeniería Civil en el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 161-174.
- Viiri, J. (2003). Engineering teachers' pedagogic content knowledge. *European Journal of Engineering Education*, vol. 28, 3, pp. 353-360.
- Villas-Boas, V., Booth, I., Mesquita, D., Lima, R. (2016). Engineering Teachers can Learn to be Effective in their Teaching Practice. En: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 6., p. 482-491.
- Wenger, E. (2002). *Comunidades de práctica*. Paidós Iberica, Ediciones S. A.
- Young, R. (1981). A study of teacher epistemologies. *The Australian Journal of Education*. pp. 299-305.
- Zambrano, A., Salazar, T., Candela, B. y Villa, L. (2013). Las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia. *Revista Virtual EDUCyT*, 7.