



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

FORMACIÓN DE PROFESORES PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CUÁNTICA EN LA SECUNDARIA: NECESIDAD DE LA DEMOCRATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: NECESSIDADE DE DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.

TEACHER TRAINING FOR THE TEACHING OF QUANTUM PHYSICS IN HIGH SCHOOL: NEED FOR THE DEMOCRATIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE

Andrés Cuéllar García * 

Cuéllar, A. (2023). Formación de profesores para la enseñanza de la física cuántica en la secundaria: necesidad de la democratización del conocimiento científico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-15

Resumen

Teniendo en cuenta la enorme necesidad de generar procesos alfabetización científica en nuestro País, los cuales estén a la par con los descubrimientos y avances en el campo de la ciencia y la tecnología, se presenta una investigación Doctoral enfocada en la formación de profesores de ciencias naturales, para la enseñanza de la física cuántica en la educación media. Por ende, el objetivo está orientado al diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en el ciclo de la educación media, a través de la modelización como estrategia didáctica y el uso de las tecnologías de la información como herramientas cognitivas desde la perspectiva del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido. Además, en el marco de referencia se analizan conceptos orientadores tanto pedagógicos como disciplinares, entre ellos, el Conocimiento Tecnológico y Pedagógico de Contenido, los modelos científicos en la enseñanza de las ciencias, la modelización como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias, las herramientas cognitivas. Asimismo, se presenta la metodología de investigación a través del estudio de caso como proceso de investigación – acción enfocada en la formación de profesores de ciencias, al igual que el contexto de los participantes de estudio. Finalmente, a través de esta investigación se logra evidenciar la necesidad de generar espacios educativos enfocados en los descubrimientos, avances y aplicaciones de la física cuántica, buscando propender la visualización de nuevas esferas del conocimiento que están a la vanguardia en el desarrollo social, cultural, histórico, tecnológico y

* Doctor (C) en Educación énfasis en Ciencias, Universidad del Valle. Docente de física y enseñanza de la física, Normal Superior Farallones de Cali, Universidad ICESI, Universidad del Tolima, Colombia, d.nsf.andres.cuellar@cali.edu.co – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4814-4578>



económico, permitiendo la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno.

Palabras clave: Formación, profesores de física, física cuántica, naturaleza cuántica de la luz, alfabetización científica, modelización.

Resumo

Devido à enorme necessidade de gerar processos de alfabetização científica em nosso país, que estejam à altura das descobertas e avanços no campo da ciência e tecnologia, é apresentada, uma pesquisa de doutorado focada na formação de professores de ciências naturais, para o ensino de física quântica no ensino médio. Portanto o objetivo é orientado para o desenho, desenvolvimento e avaliação de um processo de formação de professores para o ensino e aprendizagem da natureza quântica da luz no ciclo do ensino secundário, por meio da modelagem como estratégia didática e do uso das tecnologias da informação como ferramentas cognitivas na perspectiva do conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo. Além disso, no marco de referência, são analisados conceitos orientadores pedagógicos e disciplinares, entre eles, conhecimento do conteúdo tecnológico e pedagógico, modelos científicos no ensino de ciências, modelagem como estratégia didática para o ensino de ciências, ferramentas cognitivas. Da mesma forma, a metodologia da pesquisa é apresentada por meio do estudo de caso como um processo de pesquisa-ação voltado para a formação de professores de ciências, bem como o contexto dos participantes do estudo. Finalmente, por meio desta pesquisa é possível demonstrar a necessidade de gerar espaços educacionais voltados para as descobertas, avanços e aplicações da física quântica, buscando promover a visualização de novas esferas de conhecimento que estão na vanguarda no desenvolvimento social, cultural, histórico, tecnológico e econômico, permitindo a formação de uma sociedade crítica e consciente de seu ambiente.

Palavras chave: Formação, professores de física, física quântica, natureza quântica da luz, alfabetização científica, modelagem.

Abstract

Taking into account the enormous need to generate processes of scientific literacy in our country, which are on a par with the discoveries and advances in the field of science and technology, is presented, doctoral research focused on the training of natural science teachers, for the teaching of quantum physics in High school. Thus, the objective is oriented to the design, development and evaluation of a teacher training process for the teaching and learning of the quantum nature of light in the secondary education, through the modeling as a didactic strategy and the use of information technologies as cognitive tools from the perspective of technological and pedagogical content knowledge. In addition, in the reference framework, pedagogical and



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

disciplinary guiding concepts are analyzed, among them, technological and pedagogical content knowledge, scientific models in science teaching, modeling as a didactic strategy for science teaching, cognitive tools. Likewise, the research methodology is presented through the case study as an action research process focused on the training of science teachers, as well as the context of the study participants. Finally, through this research it is possible to demonstrate the need to generate educational spaces focused on the discoveries, advances and applications of quantum physics, seeking to promote the visualization of new spheres of knowledge that are at the vanguard in social, cultural, historical, technological and economic development, allowing the formation of a critical society, aware of its environment.

Keywords: Training, physics teachers, quantum physics, quantum nature of light, scientific literacy, modeling.

1. Introducción

Desde sus inicios, la física cuántica es considerada una de las teorías más exitosas en la ciencia moderna, permitiendo interpretar las propiedades del átomo, sus partes constituyentes, las propiedades de la radiación electromagnética y su interacción con la materia entre otros (Giraldo, 2017). Esto ha suscitado diversos cambios profundos desde la visión del mundo (Ching Ray, 2020), la cosmovisión científica y cultural de la sociedad, al igual que las posibles repercusiones en diferentes campos del saber (De la Torre, 2000; Fernández, 2014; Staderman, Van den Berg & Goedhart, 2019; Cuellar, 2021A).

Uno de estos cambios se ha evidenciado en las últimas dos décadas con las tecnologías basadas en las leyes de la física cuántica¹, que muestran un progreso exponencial en cuatro áreas de desarrollo (en mayor medida): la información y comunicación cuántica, la simulación cuántica, la computación cuántica, en la que se emplea efectos cuánticos y la detección cuántica y metrología (Cuellar, 2016; Acín et al, 2018, 2021B). Generando investigaciones, aplicaciones y descubrimientos que han concebido directa e indirectamente diferentes premios Nobel en Física², convirtiéndola en un importante

campo interdisciplinario de investigación aplicada³ (Acín et al, 2018; Jaeger, 2018, Cuellar, 2021B).

Tanto así que en algunos países se han desarrollado iniciativas referentes a procesos de alfabetización científica para fomentar las investigaciones y proyectos educativos enfocados en la enseñanza y el aprendizaje de la física cuántica en niveles anteriores al ciclo universitario incorporándola en muchos casos en sus currículos oficiales (Michelini et al, 2000; Müller & Wiesner, 2002; Olsen, 2002; Escalada, Rebello, & Zollman, 2004; Hoekzema et al, 2007; Lautesse et al, 2015 ; Stadermann, Van Den Berg, & Goedhart, 2019, entre otros) a través de diversas investigaciones que procuran superar los retos, desafíos y dificultades, que conllevan la enseñanza de la física cuántica en estos niveles educativos.

Lamentablemente en nuestro País no existe una incorporación de la enseñanza de la Física Cuántica en la Educación Media (Muñoz, Solbes y Zambrano, 2020). Esto se logra evidenciar tanto en los “Estándares Básicos de competencias en ciencias naturales” (MEN, 2004), como en “Los derechos básicos de aprendizaje de ciencias naturales (DBA)” (MEN, 2016), en los que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) no enuncia de manera explícita posibles componentes para la enseñanza de la física cuántica (Solbes, Muñoz y Ramos, 2019).

por sus investigaciones relacionadas con las comunicaciones cuánticas a través del entrelazamiento cuántico.

3 La llamada “Segunda revolución Cuántica” (Jaeger, 2018).

¹ Conocidas como “tecnologías cuánticas – Q.T. (Quantum Technology)”, incluyen tecnologías que surgieron a mediados del siglo XX como son: el láser, los semiconductores, las imágenes clínicas, el transistor, el circuito integrado, entre otros (Krijtenburg-Lewerissa et al, 2017; Jaeger, 2018; Cuellar, 2016).

² El premio nobel del año 2022 se ha entregado a los Doctores Alain Aspect, John Clauser y Anton Zeilinger

Por ende, se puede considerar que la enseñanza de la física en la educación Media Colombiana sigue enfocada en las problemáticas de la física clásica (anteriores al siglo XX).

Como resultado existe la necesidad urgente de generar procesos investigativos referentes a la formación de profesores de ciencias en la enseñanza de la física cuántica, de esta manera se podrían realizar propuestas significativas de modificaciones al currículo de ciencias naturales (física) en los documentos oficiales del MEN integrando tópicos de física cuántica, lo que aportaría significativamente a una mayor alfabetización científica en nuestra sociedad.

Uno de los factores clave para subsanar la anterior situación, está enfocada en la formación inicial de los profesores de ciencias en tópicos o problemas referentes a la enseñanza de la física cuántica en la educación media, debido a que en estos espacios se construyen las bases conceptuales y teóricas, que se verán reflejadas en el aula de clase (Polanco, 2018). Es así que a través de una investigación doctoral⁴ se ha enfocado en el diseño, desarrollo y evaluación de un proceso de formación de docentes para la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza cuántica de la luz en el ciclo de la educación media a través de la modelización como estrategia didáctica y el uso de las

tecnologías de la información como herramientas cognitivas desde la perspectiva del CTPC⁵.

2. Marco de Referencia

2.1. Las TIC como herramientas cognitivas.

Para esta formación inicial de profesores referente a la enseñanza de la física cuántica en la educación media se contó con los recursos Tecnológicos de la Información y Comunicación (TIC), teniendo en cuenta que en el desarrollo de estas alfabetizaciones científicas enfocadas en procesos de formación, las TIC podrían potenciar los procesos de razonamiento y acciones inteligentes llevadas a cabo por estudiantes y profesores en formación con el fin de desarrollar la solución más apropiada a una problemática específica dentro de un contexto de negociación de significados y formas de significar, por ende las TIC tendrían la capacidad de generar procesos cognitivos en los sujetos a través de la velocidad, el dinamismo, la interacción y la precisión en el procesamiento de la información y las representaciones que en ellas se producen (Candela, 2020).

En las situaciones atípicas generadas por la pandemia del virus COVID-19, las TIC se convirtieron en el canal que facilitó⁶

⁴ El CTPC del profesor de ciencias naturales en formación inicial y su desarrollo acerca de la naturaleza cuántica de la luz mediante la modelación en la enseñanza de las ciencias. Doctorado Interinstitucional en Educación énfasis en Ciencias - física. Universidad del Valle.

⁵ El Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (Koehler y Mishra, 2008; Mishra y Koehler, 2006).

⁶ En la medida de lo posible, teniendo en cuenta que en muchas regiones de nuestro país, no se cuenta ni con la infraestructura ni con los recursos Tecnológicos.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

las diversas interacciones entre profesores y estudiantes. Es por ello, que el uso de estas herramientas las cuales, en muchas ocasiones fueron infrutilizadas e infravaloradas en el proceso educativo, se convirtieron en la principal “herramienta didáctica” que permitió que tanto profesores, acudientes, y estudiantes se pudieran acoplar a este entorno de comunicación e interacción, las cuales empleándose con el fin de generar aprendizajes significativos, tienen el potencial de alcanzar los más diversos niveles de educación y áreas de conocimiento (Matos et al., 2019).

Es por ello que las TIC en este proceso de formación, se utilizaron como formas de representación del pensamiento, más cercanas al lenguaje y por tanto ligadas a la forma del pensamiento (Maldonado & Serrano, 2008). Siendo herramientas de pensamiento y aprendizaje que potencian la construcción del conocimiento tanto a nivel individual como social. Desde este enfoque los estudiantes toman el papel de “diseñadores” y las TIC como “herramientas cognitivas⁷” las cuales permiten la interpretación y organización del conocimiento desde un contexto sociocultural (Candela, 2020), es así que se genera el aprendizaje “con” la tecnología mientras desarrollan las diferentes actividades planteadas en el aula (Oppenheimer, 1997).

⁷ Gros afirma que la tecnología tiene sentido para mejorar el aprendizaje siempre y cuando se parta de una perspectiva constructivista a través de experiencias basadas en la interacción social, la participación activa y los entornos complejos. (Gros, 2013)

Las herramientas cognitivas combinan las diferentes formas de razonamiento que sustentan el desempeño en un contexto determinado, así como en el contexto educativo, permiten que los estudiantes diseñen de forma consciente diversas estrategias cognitivas, con el fin de dar una solución a los problemas planteados en el aula o en este caso, dar solución a diversas actividades educativas científicas⁸ (Candela, 2016; Candela, 2020).

2.2. El conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido CTPC.

Igualmente, este espacio de formación de profesores se desarrolló dentro de un marco conceptual y metodológico el cual permitió integrar las TIC como herramientas cognitivas con una propuesta pedagógica, y un contenido o eje temático a trabajar, usándose el CTPC para este proceso.

El CTPC (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido) propuesto por Mishra y Koehler en 2006, toma como referencia la conceptualización del Conocimiento Pedagógico del contenido (CPC) o PCK (Pedagogical content knowledge) propuesto por Shulman en 1986⁹, articulándola con las técnicas

⁸ “Actividades que ponen en juego las pautas de razonamiento e inferencia que los científicos realizan en sus investigaciones, pero en situaciones adaptadas y simplificadas para hacer viable su realización en las condiciones normales del aula” (Uribe & Solarte, 2017).

⁹ El cual es considerado como un constructo o marco conceptual y metodológico, el cual articula de manera coherente un conjunto de elementos de la enseñanza, con el fin de mediar el aprendizaje de

pedagógicas que usan las tecnologías en formas constructivas para la enseñanza de un contenido en particular (Mishra & Koehler, 2006; Candela, 2020); siendo un marco conceptual permitiendo que los profesores en formación generen procesos de diseño y construcción, enfocadas en propuestas pedagógicas, por lo que las tecnologías se convierten en un complemento fundamental para la construcción y potencialización de conocimientos, habilidades y destrezas en sus futuros estudiantes (Polanco, 2018).

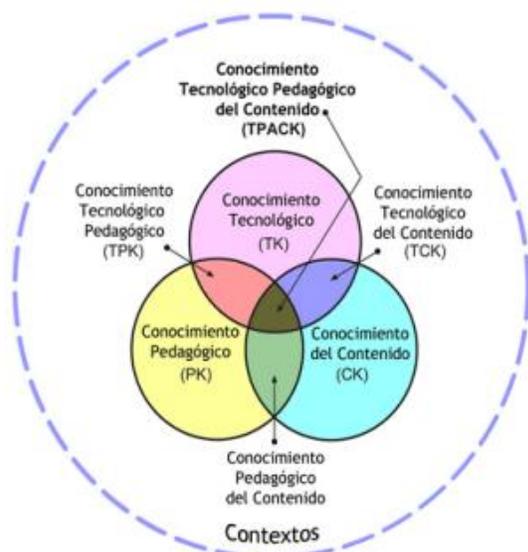


Figura 1. Modelo CTPC, adaptado de Mishra y Koehler

Fuente: Koehler y Mishra, 2008

El CTPC está orientado a comprender el rol de las herramientas tecnológicas en el sistema educativo, las habilidades que requieren los profesores en el uso de las TIC y la relación de las

unos sujetos dentro de un contexto particular (Shulman, 1986; Candela, 2020)

tecnologías con el conocimiento pedagógico y el conocimiento de la disciplina o del contenido, al igual que todos los constructos que emergen de él (Lenin, Morán, & Albán, 2017), permitiendo unificar la relación del conocimiento tecnológico con el conocimiento pedagógico y del contenido, al proporcionar una guía para la integración de la tecnología de una forma apropiada en la práctica pedagógica (Koehler y Mishra, 2008; Mishra y Koehler, 2006).

2.3. La modelización como estrategia de enseñanza de las ciencias naturales.

Por otro lado, la modelización como estrategia de enseñanza ha tomado un papel protagonista en cuanto a la reflexión, el trabajo y la investigación de los pedagogos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Izquierdo, 2004; Justi, 2006). Esta estrategia de enseñanza valora el papel de los modelos como uno de los ejes centrales del pensamiento científico y la modelización como una de las principales actividades de la ciencia en la construcción del conocimiento (Giere, 1988; Justi & Gilbert, 2002; Izquierdo, 2004; Zuluaga, 2017), lo que conlleva a reflexionar acerca de su importancia en la aproximación al proceso de construcción, transformación y comunicación del conocimiento científico de parte de los estudiantes o en este caso, de los profesores en formación (Chamizo & Franco, 2010; Zuluaga, 2017). Aunque se esperaría que esta estrategia de enseñanza sea reconocida e implementada en los procesos de formación, se ha evidenciado



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

poco conocimiento de parte de los profesores en cuanto a la importancia de los procesos de modelización en el salón de clases (Van Driel, Verloop & De Vos, 1998; Justi & Gilbert, 2002, Zuluaga, 2017).

Por ende, se utilizó la modelización como estrategia de enseñanza en el espacio de formación mencionado anteriormente, convirtiéndose en el conocimiento pedagógico del marco conceptual, permitiendo contemplar diferentes propósitos que se relacionaron con la intencionalidad propia de la práctica educativa, lo que permitió la comprensión de los fenómenos de la naturaleza desde la organización de los saberes integrados en contextos reales a través de procesos de modelización superando la axiomatización y las aplicaciones de carácter pragmático que se generan en un proceso transmisivo tradicional y conductista (Adúriz-Bravo & Izquierdo, 2009; Adúriz-Bravo, 2010; Tuay & Céspedes, 2018).

2.4. La naturaleza cuántica de la luz.

Aunque existen varias propuestas referentes a las problemáticas o contenidos que se podrían abordar en los espacios de formación para la enseñanza de la física cuántica en la educación media (Staderman et al., 2019; Méndez, 2020), en este caso se decidió enfocar en un fenómeno físico cuyo descubrimiento y su relevancia histórica, permitió dar inicio a la física cuántica: la naturaleza cuántica de la luz (Cuellar, 2016; Acín et al, 2018, Cuellar, 2021B).

A finales del siglo XIX, la discusión acerca de interpretación de la naturaleza de la luz parecía haber terminado. La síntesis de

James Clerk Maxwell de los fenómenos eléctricos, magnéticos y ópticos y el descubrimiento por Heinrich Hertz de las ondas electromagnéticas fueron “triumfos” tanto a nivel teórico como experimental. Junto con el estudio de la mecánica y la termodinámica, el electromagnetismo de Maxwell tomó su lugar como un elemento fundamental de la física, sin embargo, justo cuando todo parecía “arreglado”, a inicios del siguiente siglo se generó un período de cambio revolucionario.

Una nueva interpretación de la emisión de luz por objetos calentados y nuevos métodos experimentales que abrieron el mundo atómico para el estudio condujeron a una desviación radical de las teorías clásicas de Newton y Maxwell: nació la mecánica cuántica: una vez más se reabrió el asunto referente a la naturaleza de la luz (Britannica, 2021; Salvat, 1973, Staderman et al., 2019). Precisamente la tecnología láser, las pantallas de televisión, las comunicaciones satélites, entre otros...son muchos los inventos que no hubieran sido posibles sin el conocimiento impartido a través del postulado de que la luz está formada por pequeñas partículas, conocidas como fotones, las cuales tienen la capacidad de mostrar propiedades ondulatorias, es decir la dualidad entre el carácter corpuscular y el carácter ondulatorio de la luz (y de la materia), por lo que el estudio la naturaleza cuántica de la luz no solo transformó el dominio de la física cuántica, sino que también influyó significativamente en otros campos de la ciencia y la tecnología. (Brahmbhatt, 2021; Salvat, 1973; Cala & Eslava, 2011; Staderman et al., 2019).

Por esta razón, se propuso desarrollar el fenómeno correspondiente a la naturaleza cuántica de la luz en el proceso de formación planteado como el conocimiento del contenido o de la disciplina trabajado dentro del marco conceptual del CTPC.

3. Metodología de investigación

En la investigación Doctoral se implementó el enfoque de investigación cualitativa, la cual en los últimos años ha impactado de manera importante en la enseñanza de las ciencias, permitiendo superar la tradición experimentalista de tipo cuantitativo, lo que ha posibilitado nuevas interpretaciones, entendimientos y aspectos más “holísticos”, propios del contexto educativo (Gutiérrez, 2000; Zuluaga, 2017). Para ello se aplicó un estudio de caso, el cual se caracteriza por ser un tipo de investigación cuyo objeto de estudio¹⁰ es analizado en contextos reales a profundidad.

El estudio de caso como método de investigación, ha sido usado por diferentes investigadores y pedagogos de las ciencias naturales, quienes han caracterizado el desarrollo del CTPC de profesores en formación y en ejercicio, permitiendo en muchos casos la comprensión del ¿cómo? y del ¿por qué? se desarrollan los conocimientos y concepciones de los profesores en el salón de clases, las secuencias de enseñanza, aprendizaje y evaluación, y la integración de herramientas tecnológicas sobre los contenidos a enseñar

¹⁰ En este caso, un grupo de profesores de ciencias naturales (física) en formación y un grupo de estudiantes que cursan, último año de formación en la educación media vocacional.

(Maeng et al., 2013; Urban, 2012; Niess, 2005, Mishra & Koehler, 2006; Polanco, 2018).

Por ende, siendo una forma de investigación autorreflexiva por parte de los participantes en situaciones de formación educativa, se pudo realizar un estudio de caso a través de un proceso de investigación – acción (Moreira, 2002; Zuluaga, 2017). Por consiguiente, se realizó un estudio de caso en el cual se buscó desarrollar el CTPC de un grupo de profesores de ciencias naturales (física) en formación inicial relacionado con la naturaleza cuántica de la luz, mediante la modelización en la enseñanza de las ciencias como estrategia didáctica, a través de un proceso de investigación – acción.

3.1. Contexto de los participantes de estudio.

Los participantes que hicieron parte del proceso de formación, pertenecieron al programa de Licenciatura en ciencias naturales de la Universidad ICESI¹¹, quienes para el momento en el cual se desarrolló la formación, estaban cursando los últimos dos semestres del respectivo programa (IX semestre), propiamente en el el curso enfocado en la elaboración y ejecución del proyecto del grado, través de la dirección de tesis, usando el espacio del “Laboratorio de experimentación pedagógica” de la Universidad ICESI, así como a través de algunos encuentros virtuales.

¹¹ Universidad privada con acreditación de alta calidad, ubicada en la ciudad de Santiago de Cali.

La tesis de los participantes del estudio, estuvo enfocada en el diseño e implementación de una unidad didáctica a partir de la reflexión de los modelos de la naturaleza cuántica de la luz desde la perspectiva de la modelización como estrategia didáctica de enseñanza.

Esta unidad didáctica fue implementada con un grupo de estudiantes de grado once, pertenecientes a una Institución Educativa Oficial de la ciudad de Cali, de forma presencial a través de cinco sesiones usando algunos recursos educativos propios del contexto de una institución educativa oficial: tablero, videobeam, uso de celulares, y el acceso a la unidad didáctica desarrollada de forma virtual.

Con el fin de poder cumplir el objetivo de la investigación mencionada, se plantearon y desarrollaron cinco etapas: (1) análisis del CTPC de los participantes del estudio, (2) el Diseño del proceso de formación, (3) desarrollo de la unidad didáctica con los participantes del estudio, (4) implementación de la unidad didáctica en el salón de clases y (5) evaluación del desarrollo del CTPC de los participantes del estudio.

3.1. Métodos de recolección de datos y análisis.

Con el ánimo de poder recolectar la información en las etapas de formación, desarrollo e implementación y su respectiva evaluación, se utilizaron una serie de instrumentos, que pretendían “capturar” y retratar la complejidad del desarrollo del CTPC de los profesores de ciencias en formación inicial acerca de la naturaleza

cuántica de la luz mediante la modelización en la enseñanza de las ciencias:

- El Instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo): inicialmente elaborado por Loughran y otros autores (Loughran, et al., 2000), es un cuestionario que consta de un conjunto de ocho preguntas llamadas "Base de la entrevista", las cuales permiten reconocer o “capturar” el Conocimiento Pedagógico del Contenido CTC referente a una serie de conocimientos específicos, proporcionando información pertinente para la toma de decisiones de un proceso de formación y desarrollo (Loughran, Mulhall & Berry, 2004).

- El Repertorio de experiencias Profesionales y Pedagógicas PaP-eRs: Otro instrumento que permite identificar el conocimiento y la práctica del docente en un proceso formativo o de implementación, mientras enseña un eje temático, concepto o problemática en específico, es el repertorio de experiencias profesionales y pedagógicas conocido como PaP-eRs (Loughran et al., 2000; Candela, 2020). Son relatos narrativos que permiten evidenciar el CTPC del profesor de ciencias, al desarrollar y evidenciar los elementos propios de cada uno de los conocimientos desarrollados, en este caso, en la fase de formación (conocimiento tecnológico, pedagógico y del contenido) (Loughran et al., 2000; Candela, 2018, 2020; Zuluaga, 2017).

- El Análisis textual discursivo: Es una estrategia metodológica adoptada para el análisis de diferentes datos en un proceso investigativo cualitativo (Moraes & Galiazzi,



2006, 2011; Zuluaga, 2017). Esta técnica ideada por Moraes y Galiuzzi (2006) analiza datos cualitativos entre dos formas de análisis en la investigación cualitativa, las cuales son el análisis del contenido y análisis del discurso.

4. Resultados

Dada la investigación Doctoral enfocada en el desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (CTPC) de un grupo de profesores de ciencias naturales en formación inicial relacionado con la naturaleza cuántica de la luz, a través la modelización en la enseñanza de las ciencias como estrategia didáctica, se pueden mencionar las siguientes conclusiones:

- Aunque en varios países se implementa la enseñanza de la física cuántica dentro del currículo desde niveles anteriores a la educación superior, en nuestro país no se hace explícito, por lo cual es necesario generar procesos investigativos que conlleven a discusiones, análisis y futuras incorporaciones de estas problemáticas.

- En los pocos textos de ciencias que presentan la física cuántica a nivel de la educación media, se destaca la ausencia de un análisis histórico, epistemológico de las problemáticas científicas alrededor de los fenómenos naturales que subyacen en esta física.

- En los programas de Licenciatura en ciencias naturales de nuestro país, existen pocos espacios de formación en la enseñanza

de la física cuántica, por lo que se deben establecer estos espacios a través de electivas profesionales, seminarios, coloquios, etc. Contrario a las grandes posibilidades de formación que se evidencian en los programas de Licenciatura en física.

- Estructurar la enseñanza de la ciencia alrededor de los modelos teóricos, permite recrear en el aula un saber disciplinar posibilitando que los sujetos comprendan el “funcionamiento del mundo natural”, para ello los aportes desde la perspectiva histórica y epistemológica son fundamentales para dicha comprensión del concepto o problema específico (Adúriz – Bravo, 2018).

- Las investigaciones enfocadas en la formación de profesores frente a la enseñanza de la física cuántica, podrán generar la inclusión de la física cuántica en el currículo educativo, buscando que el conocimiento desarrollado en el salón de clases de ciencias naturales – física, procure estar a la par de los avances científicos y tecnológicos contemporáneos, procurando la formación de un estudiante crítico y conocedor de su entorno.

- El 100% de los participantes del proceso investigativo, continuaron con sus estudios pos graduales relacionados con la formación de profesores de ciencias naturales relacionados con estudios de la física moderna y contemporánea.

- El 80% de los estudiantes de la Institución Educativa, pudo lograr la comprensión de los fenómenos naturales



presentados en la unidad didáctica para la enseñanza de la naturaleza cuántica de la luz, según las rubricas y los métodos evaluativos.

- El acercamiento a la física cuántica a través de procesos fenomenológicos es un camino pertinente a seguir dentro de propuestas de investigación en la enseñanza de la física cuántica en el ciclo medio educativo.

-Los estudiantes logran una visión orgánica del esquema de la física cuántica a nivel teórico y experimental a partir de los estudios de los fenómenos que subyacen en este campo científico, y no desde el proceso formal, axiomático y teórico que comúnmente se imparte en los cursos de física cuántica y/o mecánica cuántica a nivel universitario.

5. Conclusiones y/o consideraciones finales

El marco conceptual y metodológico del Conocimiento Tecnológico y Pedagógico de Contenido (CTPC), y la modelación como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias, permitieron los espacios de formación de profesores de ciencias naturales – física, acordes al actual contexto educativo, al uso efectivo de las TIC como herramientas cognitivas en los procesos educativos, la aproximación del proceso de construcción, transformación y comunicación del conocimiento científico.

A su vez, se logra evidenciar una enorme necesidad de generar espacios de alfabetización científica en la educación

secundaria y media referente a los descubrimientos, avances y aplicaciones de la física moderna, propiamente de la física cuántica.

Es así que la educación secundaria y media, deben propender por permitir la visualización de nuevas esferas del conocimiento que están a la vanguardia en el desarrollo social, cultural, histórico, tecnológico y económico, permitiendo la formación de una sociedad crítica, conocedora de su entorno, de las implicaciones que se generan a medida que se avanzan los descubrimientos científicos, como tecnológicos.

6. Referencias

- Acín, A. et al. (2018). The quantum technologies roadmap: a European community view. *New Journal of Physics*. The open access journal at the Forefront of physics.
- Adúriz-Bravo, A. & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, vol. 4, núm. 1, febrero, 2009. Argentina.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). *Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución*.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2008). TPCCK in pre-service teacher education: Preparing primary education students to teach with technology. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. 2008.
- Brahambhatt, R. (2021). *How Albert Einstein's Quantum Theory of Light Transformed Physics: Never underestimate the power of light*.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Britannica. (2021). *Article: light in physics. Quantum theory of light*. Encyclopaedia Britannica Group, Inc.
- Cala, F. & Eslava, E. (2011). *Mecánica cuántica: sobre su interpretación, historia y filosofía*. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Ciencias Básicas. Bogotá D.C. Colombia.
- Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Programa Editorial: Universidad del Valle. Colombia.
- Candela, B. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. ISSN: 2346-4712. Vol. 12, No. 2. pp 158-172. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.
- Candela, B. (2018). Desarrollo del conocimiento tecnológico y pedagógico del Contenido de la química, de profesores en formación a través de la reflexión de los papers y videos. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. ISSN: 2346-4712. Vol. 13, No. 1. pp 101-119. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.
- Candela, B. (2020). *Integrando las TIC a la escuela de la sociedad del conocimiento. Formación y desarrollo profesional docente*. Programa editorial Universidad del Valle. Colombia.
- Chamizo, J. & Franco, A. (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ching-Ray, C, et al. (2020). *The Second Quantum Revolution with Quantum Computers*. February 2020 vol. 30 no. 1.
- Cuellar, A. (2016). *Informática Cuántica: Un acercamiento a sus métodos, desarrollos y aplicaciones*. Maestría en Informática. USC. Colombia.
- Cuellar, A. (2021A). *Enseñanza de la Física Cuántica en la Educación Media. Proyecto de investigación para el avance de la alfabetización científica en Colombia*. *Revista Caja de Herramientas*. Universidad del Valle
- Cuellar, A. (2021B). *Informática Cuántica: Un acercamiento a sus métodos, desarrollos y aplicaciones*. *Revista Caja de Herramientas 2*. Universidad del Valle.
- De la Torre, A. C. (2000). *Física cuántica para filósofos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Escalada, L., Rebello, N. & Zollman, D. (2004). Student explorations of quantum effects in LEDs and luminescent devices, *Phys. Teach.* 42, 173.
- Fernández, P. (2014). *Teorías y modelos en la enseñanza -aprendizaje de la Física Moderna*. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemática, Astronomía y Física. Argentina.
- Giraldo, Y. (2017) *La Fascinación de la Mecánica Cuántica*. In: *Ciclo de Conferencias Encuentro con la Ciencia*. Universidad de Nariño. Colombia.
- Gros, B. (2013). La educación más allá de la escuela: del espacio-lugar al espacio- nodo. En Rodríguez Illera, J. L. (Comp.) (2013). *Aprendizaje y educación en la sociedad digital*. Barcelona.
- Gutiérrez, J. (2000). *Fundamentos pedagógicos y didácticos*. En: Palacios, F. J. P.; Cañal De Leon.
- Hoekzema, D., et al. (2007). The particle/wave-in-a-box model in Dutch secondary schools, *Phys.*
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la Química: contextualizar y modelizar.
- Jaeger, L. (2018). *The Second Quantum Revolution. From Entanglement to Quantum Computing and Other Super-Technologies*. Springer Nature Switzerland.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, n. 24.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 2, n. 24.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Koehler, J., & Mishra, P. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. In *AACTE Committee on Innovation and Technology* (Ed.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators* (pp. 3-29). New York: Routledge.
- Koehler, J., Shin, S., y Mishra, P. (2011). How do we measure CTPC? Let me count the ways. In R. N. Ronau, C. R. Rakes, & M. L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches*.
- Lautesse, P. et al. (2015). Teaching Quantum Physics in Upper Secondary School in France: ‘Quanton’ Versus ‘Wave-Particle’ Duality, Two Approaches of the Problem of Reference. Article in *Science & Education*.
- Lenin, F., Morán, F. & Albán, J. (2017). Formación del docente y su adaptación al modelo TPACK. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación. Ecuador*.
- Loughran, J. et al. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 4, p. 370-391.
- Loughran, J. et al. (2014). Science cases in action: developing an understanding of science teachers’ pedagogical content knowledge. In: *annual meeting of the national association for research in science teaching*.
- Maeng, J. et al. (2013). Preservice Teachers CTPC: Using Technology to support Inquiry instruction. *Journal of science Education and Technology*.
- Maldonado L. & Serrano, E. (2008). Construcción de una red de aprendizaje. *Nomadas*, pp. 211-222.
- Matos, J. et al. (2019). Aprendizagem Significativa por meio do Uso de TICs: Levantamento das Produções da Área de Ensino de 2016 a 2018. *RENTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, 17(1).
- MEN. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales*. Proyecto Ministerio de Educación Nacional - Ascofade. Colombia.
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje. VI. Ciencias Naturales*. Colombia.
- Méndez, N. (2020). *Dificultades de aprendizaje de estudiantes de licenciatura en física al abordar el estudio del experimento de la doble rendija con electrones*. Doctorado Interinstitucional en Educación. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Michellini, M., et al. (2000). Proposal for quantum physics in secondary school, *Phys. Educ.* 35, 406.
- Mishra, p. & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teacher college record*.
- Moraes, R. & Galiazzi, M. (2006). Análise Textual Discursiva: processo constitutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, São Paulo.
- Moreira, M. (1996) Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level, *Am. J. Phys.*
- Muñoz-Burbano, Z., Solbes, J., y Ramos, G. (2020). Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de “Estructura atómica de la materia” en libros de texto. *Praxis & Saber*.
- Niess, M., Van, E., y Gillow, H. (2010). Knowledge Grow in Teaching Mathematics/Science with spreadsheets. *Journal of digital Learning in Teacher Education*.
- Olsen, R. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: a study in Norway. *International Journal of Science Education*.
- Oppenheimer, T. (1997). The Computer Delusion. *The Atlantic Monthly*.
- Polanco, C. (2018). *Desarrollo del CTPC de una profesora de ciencias naturales en formación inicial desde una propuesta pedagógica basada en la construcción de una Webquest sobre las aguas subterráneas*. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Número especial, v18, 2023.

11 Congreso Nacional de Enseñanza de la Física y la Astronomía



Resultado de Investigación

- Salvat, M. (1973). *La nueva física*. Biblioteca Salvat de grandes temas. España.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Solbes, J., Muñoz, Z. y Ramos, G. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Rev. His. Educ. Colomb.*
- Staderman H. K. E., van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019). *Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries*.
- Tuay, R. & Céspedes, N. (2018). Modelización en mecánica cuántica desde la contextualización. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*.
- Urban, H. (2012). *Integrating technology into pre-service Physics teachers' pedagogical content Knowledge*. University of Vienna
- Uribe, C. & Solarte, C. (2017). *Educación mentes para pensar. Desarrollo del pensamiento científico en el aula*. Programa editorial: Universidad del Valle. Colombia.
- Van Driel, J., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Zuluaga, C. (2017). *O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do professor de química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem*. Tese de Doutorado.. Universidade Estadual Paulista. Brazil.