

Formación del profesorado en Ciencias Naturales

Una mirada desde la Teoría Cuántica
y Teoría de la Relatividad



Zulman Estela Muñoz Burbano, María Alejandra Narváez Gómez,
Jordi Solbes, German Enrique Ramos Zambrano, Fernando Garzón



Editorial
Universidad de Nariño

êditorial

Universidad de **Nariño**

Formación del profesorado en Ciencias Naturales

**Una mirada desde la Teoría Cuántica
y Teoría de la Relatividad**

Formación del profesorado en Ciencias Naturales

**Una mirada desde la Teoría Cuántica
y Teoría de la Relatividad**

Zulman Estela Muñoz Burbano
María Alejandra Narváez Gómez
Jordi Solbes
German Enrique Ramos Zambrano
Fernando Garzón

èditorial
Universidad de **Nariño**

Formación del profesorado en Ciencias Naturales : una mirada desde la teoría cuántica y teoría de la relatividad / Zulman Estela Muñoz Burbano ... [et al.] — 1ª. ed. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2024

112 páginas : gráficas, tablas

Incluye referencias bibliográficas p. 91-104 y reseña de los autores p. 105-107
ISBN: 978-628-7679-94-8

1. Formación de docentes—Ciencias Naturales 2. Formación de docentes—Historia (Colombia) 3. Aspectos metodológicos de la investigación 4. Docentes—Formación en pedagogía y didáctica I. Muñoz Burbano, Zulma Estela II. Narváez Gómez, María Alejandra III. Solbes, Jordi IV. Ramos Zambrano, German Enrique V. Garzón, Fernando

378.0071 F723 – SCDD-Ed. 22



SECCIÓN DE BIBLIOTECA

Formación del profesorado en Ciencias Naturales. Una mirada desde la Teoría Cuántica y Teoría de la Relatividad

© Editorial Universidad de Nariño

© Zulman Estela Muñoz Burbano

© María Alejandra Narváez Gómez

© Jordi Solbes

© German Enrique Ramos Zambrano

© Fernando Garzón

ISBN: 978-628-7679-94-8

Primera edición

Corrección de estilo: Ana Cristina Chavez

Diseño y diagramación: Nathaly Johana Rivadeneira

Fecha de publicación: Octubre de 2024

San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño

Contenido

Introducción.....	11
Capítulo 1. Contexto de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Universidad de Nariño	17
Capítulo 2. La formación del profesorado en Ciencias Naturales	25
2.1 Retos en la formación del profesorado en Ciencias naturales. 28	
Capítulo 3. Formación de licenciados en ciencias y su relación con el conocimiento profesional del profesor.....	35
3.1 Conocimiento profesional del profesor en Ciencias naturales 35	
3.2 Conocimiento disciplinar	36
3.3 Conocimiento didáctico del contenido	37
3.4 Conocimiento pedagógico.....	38
3.5 Conocimiento profesional de los docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias en cuanto a la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica	42
Capítulo 4. Aspectos metodológicos de la investigación.....	47
4.1 Momentos de la investigación	48

4.2 Selección de la muestra	49
4.3 Instrumentos de recolección de la información	49
Cuestionario sobre Teoría Cuántica	52
Cuestionario sobre Teoría de la Relatividad	53
4.4 Elementos conceptuales para el análisis e interpretación de la información	54
Capítulo 5.	
Resultados del análisis documental	57
5.1 Resultados específicos por pregunta.....	61
5.2 Resultados y análisis de información: teoría de la relatividad...	72
Conclusiones y perspectivas	93
Referencias.....	99
Acerca de los autores	113
Zulman Estela Muñoz Burbano	113
María Alejandra Narváez Gómez	113
Jordi Solbes	114
German Enrique Ramos Zambrano	114
Fernando Garzón	114

Introducción

Para enseñar, primero es necesario aprender. Claro está, en el momento el término 'enseñar' quizá no se considere de la misma manera como se hace convencionalmente; es decir: se enseña a otro algo que quizá desconozca, pero surge entonces la pregunta: ¿Quién y cómo se enseña?, ¿Qué se enseña?, ¿Para qué se enseña?

Con estos interrogantes queremos iniciar este libro, que corresponde a los resultados de una investigación desarrollada con aprobación del Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, la cual tuvo como objetivo, caracterizar la formación de base disciplinar en temas de Teoría Cuántica y Teoría de la Relatividad en estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Nariño.

Para lograr dicho objetivo fue necesario identificar, en primera instancia, los elementos curriculares relacionados con la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad presentes en los documentos de planeación curricular que son desarrollados en el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Nariño. De igual manera, establecer qué conceptos relacionan con estas teorías, los estudiantes de dicho programa de formación profesoral.

Es necesario hacer algunas claridades antes de dar a conocer los resultados de la investigación. En Colombia, los programas de formación profesoral son denominados 'Licenciaturas'; de ahí el nombre del programa en el que

se desarrolla la investigación, que corresponde a formación profesoral en diez semestres, la cual faculta a sus egresados para ejercer la docencia en los niveles de educación básica, secundaria y media, lo que correspondería en el Sistema Educativo Colombiano, a los grados de sexto a decimoprimerro en el área de Ciencias naturales y Educación ambiental.

En Colombia, las licenciaturas abarcan la formación en pedagogía, didáctica y la disciplina específica, según el programa elegido. En este caso, nos enfocaremos en la Licenciatura de Ciencias naturales y educación ambiental. Esto implica que, además de adquirir conocimientos en pedagogía y didáctica, los futuros docentes también desarrollan competencias en ciencias naturales y Educación ambiental.

La denominación del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental es fundamental para fomentar la investigación científica y tecnológica en el país. Ramírez (2018) sostiene que la enseñanza de estas áreas permite a los estudiantes comprender el impacto humano en el medio ambiente y contribuye a la formación de una cultura de prevención de riesgos y desastres naturales, esencial para comprender los procesos biológicos y ecológicos del planeta. Por su parte, Alarcón y Llorente (2019) destacan la importancia de la enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental en la comprensión de la diversidad biológica y la conservación de la biodiversidad.

De acuerdo con lo establecido en la Ley 115 de 1994, norma base de la educación en Colombia, el área de Ciencias naturales corresponde a las asignaturas de Biología, Química y Física. En esta investigación se tomó como base, dos temas de Física y Química, que son: la Teoría Cuántica (TC) y Teoría de la relatividad (TR), debido a su relevancia en la formación científica de los estudiantes de educación secundaria (Muñoz et al., 2021).

Es importante mencionar que el tema objeto de estudio: Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad se enseña en la educación secundaria de muchos países, como España, Brasil y Argentina, pero, en Colombia este campo es aún incipiente y, por ende, en los currículos y en el aula de clases de las instituciones educativas muchas veces no se contempla. En ese sentido, investigaciones recientes enfatizan en la necesidad de enseñar la TC y la TR a partir de la educación secundaria (Fernández et al., 2005; Savall, 2015; Tuzón y

Solbes, 2014; Savall et al., 2016), no solo por sus implicaciones conceptuales, sino por las derivaciones epistemológicas y su relación con la tecnología y el mundo que rodea a los niños y jóvenes de hoy (González et al., 2020).

En estos estudios se concluye que la enseñanza de estas teorías en la educación básica depende en gran medida de la formación de sus docentes. La necesidad de una formación de docentes para una transformación en la enseñanza de las ciencias naturales se ha constituido en una preocupación vigente que cada vez se percibe como más álgida. Transformación que responda a una educación científica actualizada, a formar personas para la vida, con capacidad de aprender a aprender, de asumir una posición crítica frente a la ciencia, al desarrollo tecnológico, a los problemas de la humanidad, favoreciendo un pensamiento científico, el reconocer las características que comportan el trabajo de mujeres y hombres de ciencia y la manera como se construye la ciencia y su naturaleza.

Por ello, se consideró necesario el análisis de los conceptos relacionados con la TC y la TR, por cuanto se espera que los docentes formados en la Universidad de Nariño coadyuven en la necesidad de “conciliar altos niveles de educación en las matemáticas, las ciencias naturales y las tecnologías con la creciente apatía de los y las jóvenes respecto a estas áreas” (Vasco, 2006, párr. 11).

Se asume estas teorías dado que, al enseñar la física moderna se fomenta la curiosidad de los estudiantes y es importante que tengan familiaridad con los avances científicos del siglo XX, ya que esto los motiva a elegir carreras en ciencias. Además, las dificultades que pueden surgir en el proceso educativo de la física moderna no son muy diferentes a las de la física clásica (Buitrago, 2019).

Por tanto, esta investigación goza de relevancia, al asumir la necesidad y pertinencia de la enseñanza de la TC y la TR en la formación de docentes de ciencias para que, a su vez, sea posible la renovación en la educación secundaria, con miras a estrechar la brecha entre la educación y el desarrollo de una cultura científica.

Los autores consideramos que este libro puede contribuir tanto a docentes en formación como al profesorado en ejercicio y, a los mismos docentes y

directivos de los programas de profesorado, por cuanto presenta no solo los resultados de un contexto específico, sino que proyecta estos resultados a la luz de la investigación de la formación docente tanto en Colombia como en Iberoamérica.

Este libro se organiza en cinco capítulos que se presenta a continuación:

En el Capítulo 1 se realiza un breve recorrido histórico de la formación docente en el país, desde la época colonial hasta la actualidad, resaltando el desarrollo de las escuelas normales y la formación de maestros en las facultades de educación de las universidades de Colombia. También se proporciona un contexto sobre el proceso de formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental en la Universidad de Nariño, donde se desarrolla la investigación.

En el Capítulo 2 se aborda la formación del profesorado en ciencias naturales, destacando los principales desafíos. Se mencionan problemas relacionados con el acceso a recursos, tecnología y los currículos desactualizados de los programas de formación. Se destaca la desconexión entre la teoría y la práctica como uno de los desafíos más importantes en la formación de docentes en ciencias naturales.

En el Capítulo 3 se realiza una conceptualización sobre la formación de licenciados en ciencias y su relación con el conocimiento profesional del profesor. Se fundamenta teóricamente la categoría de análisis 'Conocimiento profesional docente', contextualizando sus aportes en la formación de profesores en ciencias naturales, específicamente en lo relacionado con la enseñanza de la teoría cuántica y la teoría de la relatividad.

En el capítulo 4 se aborda los aspectos metodológicos de la investigación, donde se adoptó un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos que, en este caso, fueron: el análisis documental y la aplicación de encuestas para interpretar una realidad en la enseñanza de la teoría de la relatividad y la teoría cuántica. La investigación se dividió en momentos clave: el primero estableció los objetivos, la finalidad del estudio, y la conceptualización de las categorías objeto de estudio, el segundo diseño metodológico, incluyendo el paradigma en el que se fundamenta. Finalmente,

se llevó a cabo el análisis e interpretación de la información recopilada, organizando los datos para su posterior análisis.

En el Capítulo 5 se presenta los resultados del análisis documental de los programas de curso de física y química, y del cuestionario sobre teoría cuántica y teoría de la relatividad. Se establece una relación entre la preparación que los docentes en formación adquieren y su conocimiento profesional, destacando la importancia de una preparación adecuada y, que esta tome en cuenta los avances de la ciencia, para evitar limitaciones en la enseñanza y errores conceptuales, en aras de contribuir a los procesos de formación en ciencias.

Contexto de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Universidad de Nariño

La profesionalización de los ciudadanos es un reto para cualquier sistema educativo. De acuerdo con las estadísticas, la formación como profesores es una de las profesiones más buscadas por los colombianos. Las profesiones preferidas no solo en Colombia sino a nivel global varían a lo largo del tiempo y se ven afectadas por situaciones muy específicas como la demanda laboral, las oportunidades económicas, el desarrollo científico y tecnológico que, de alguna manera, marcan las tendencias educativas (Muñoz, 2018).

Es claro que existen profesiones que son de mayor interés para los jóvenes, como es el caso de Medicina, Derecho, Ciencias políticas y las carreras relacionadas con la tecnología. El diario El País, en su nota del 1 de septiembre de 2023 sostiene que, debido a los salarios atractivos y mayores oportunidades de empleo de profesiones como Geología, Medicina, Química farmacéutica, Contabilidad y finanzas, Estadística, Negocios, Relaciones internacionales y Mercadotecnia, estas se constituyen en un atractivo importante. Claro está, que no se puede desconocer el auge de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (Gómez y Mitchell, 2014).

En un país como Colombia, la formación como docente no es muy atractiva, por los salarios, que son considerados como bajos, por los mecanismos de acceso al empleo y, por la misma percepción de la profesión. Ahora bien, para estudiar una carrera relacionada con la docencia, normalmente se ha asociado algunos aspectos que vinculan la vocación como

requisito, pero, más allá de este aspecto, es necesario repasar un poco la historia de dicha profesión en este país (Cabeza et al., 2018).

Así, a finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, la docencia se podía ofrecer de manera libre. De acuerdo con lo enunciado por Bayona-Rodríguez y Urrego-Reyes (2019), finalizando la colonia, se podía distinguir cinco clases de profesores: los catedráticos, quienes se ocupaban de los colegios mayores, aquellos que eran parte de las comunidades religiosas, los bachilleres, los maestros pensionados y, los de las primeras letras, que atendían la educación inicial; los maestros de educación básica del sector público se enfocaban en la enseñanza de la lectura y la escritura, además de otros oficios.

En 1872, la primera misión alemana tendría como objetivo, dotar de material didáctico a las escuelas primarias y, formar a los docentes, con la organización de las escuelas normales. El sistema de formación docente en Colombia -en su momento, Estados Unidos de Colombia-, se establece con el decreto orgánico de la Instrucción Pública Primaria (1870), que dio origen a la Escuela Central con sede en Bogotá y que tendría como fin, la formación de maestros para las Escuelas Normales, las cuales, por su parte, con sede en cada capital del Estado, formarían a maestros para las escuelas primarias -elementales y superiores- (Müller, 1989).

Para el periodo de 1930 a 1946 surgen universidades con énfasis pedagógico; si bien desde la década de los 70 del siglo XX se ofrece diversas licenciaturas en las áreas experimentales como Física, Química y Biología, de acuerdo con Franco-Moreno (2018), en ese momento habría alrededor de 134 programas. Hoy en día, la disminución en ese tipo de programas es muy grande; al momento se cuenta con 36 licenciaturas, entre las que el número en ciencias naturales es de siete y, quince en ciencias naturales y educación ambiental. Esto significa que, para las disciplinas específicas hoy en día en Colombia, la oferta es mínima. Con la Ley 39 de 1903 del Congreso de Colombia, se reglamenta la instrucción pública en Colombia, que se dividió en: Primaria, Secundaria, Industrial y Profesional.

La precitada ley, por la cual se organiza el servicio público de la educación superior, en su artículo 25, parágrafo primero, establece el título de licenciado como profesional que ejerce la función docente y, la Ley 115 de 1994

plantea en su artículo 112 que, las instituciones formadoras de educadores, esto es las universidades y las demás instituciones de educación superior que posean una facultad de educación u otra unidad académica dedicada a la educación, les corresponde la formación profesional, la de posgrado y la actualización de los educadores.

Las escuelas normales debidamente reestructuradas y aprobadas están autorizadas para formar educadores en el nivel de preescolar y en el ciclo de educación básica primaria; operarán como unidades de apoyo académico para la formación inicial de docentes y, mediante convenio celebrado con instituciones de educación superior, podrán ofrecer formación complementaria que conduzca al otorgamiento del título de normalista superior (Ley 30 de 1992).

Los programas de licenciatura son ofertados actualmente en programas de ocho a diez semestres, lo cual habilita al egresado para el ejercicio docente en los diferentes niveles del sistema educativo colombiano.

Por tanto, la licenciatura en Colombia es un grado académico que se obtiene luego de cursar y aprobar una carrera universitaria entre cuatro y cinco años y, faculta al egresado para el ejercicio docente. Aunque no solo los egresados de una licenciatura pueden ser docentes, para el concurso docente se requiere ser profesional en una de las áreas de especialidad en la que se impartirá la docencia; de igual manera, para la educación primaria, se requiere ser normalista superior o tecnólogo en educación.

En 1979 el Decreto Ley 2277 unificó las normas de carrera docente en el Estatuto Docente, en los distintos niveles y modalidades que integran el Sistema Educativo Colombiano, excepto para la Educación Superior. Con el Decreto Ley 1278 de 2002 surgió el nuevo Estatuto de Profesionalización Docente.

Estas normas establecen que es necesario poseer título de licenciado o profesional expedido por una institución de educación superior o ser normalista superior para ejercer la profesión docente. Para la básica primaria, título de normalista superior, tecnólogo en educación o licenciado en educación primaria o en educación para el nivel básico secundario título relacionado con la materia a impartir. Finalmente, para el nivel medio, una

titulación cercana a la materia que se quiera impartir (Bayona-Rodríguez y Urrego-Reyes, 2019).

Esta breve presentación histórica permite la contextualización del ejercicio docente en Colombia, para particularizar en la formación de los docentes en ciencias naturales. Tal como se enunció, en Colombia en el área de Ciencias naturales establecida en la Ley General de Educación de 1994, esta área vincula a Biología, Química, Física y Educación ambiental. En la Tabla 1 se presenta las licenciaturas que a 2023 son ofertadas en las distintas universidades del país.

Tabla 1

Licenciaturas vinculadas según Ley General de Educación de 1994

Carrera	Cantidad
Licenciatura en ciencias naturales	6
Licenciatura en biología	3
Licenciatura en química	5
Licenciatura en física	6
Licenciatura en ciencias naturales y educación ambiental	15

Fuente: Elaborada por los autores.

La Universidad de Nariño, de carácter público, del sur-occidente colombiano, atiende población del departamento de Nariño y del Putumayo, principalmente. Cuenta con una tradición de 119 años formando a los profesionales en diversas áreas del conocimiento.

Tabla 2

Programas ofertados por la Universidad de Nariño

Programas	
Artes	Artes visuales
	Diseño Industrial
	Diseño Gráfico

Ingenierías	Ingeniería Agronómica
	Ingeniería Ambiental
	Ingeniería Producción Acuícola
	Ingeniería Agroforestal (Pasto)
	Ingeniería Civil
	Ingeniería de Sistemas
	Ingeniería Electrónica
	Ingeniería Agroindustrial
Licenciaturas	Música
	Filosofía y Letras
	Educación Básica, Humanas, Lengua Castellana, Inglés
	Español e Inglés
	Artes visuales
	Matemáticas
	Informática
	Lengua Castellana y Literatura
	Educación Básica con énfasis en Ciencias Sociales
	Ciencias Sociales
	Inglés – Francés
	Lenguas Extranjeras con énfasis en Inglés
	Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Administra- ción y afines	Administración de Empresas
	Comercio Internacional
	Economía
	Mercadeo
	Contaduría Pública
Ciencias de la salud	Medicina
	Tecnología en Promoción de la Salud
	Psicología

Ciencias Sociales	Geografía
	Sociología
Ciencias naturales	Química
	Biología
	Física
Agronómicas	Zootecnia
	Medicina Veterinaria
Ciencias Políticas	Derecho
Arquitectura	Arquitectura

Fuente: Planeación Universidad de Nariño, 2023. Estadísticas Udenar

Como se muestra en la Tabla 2, hay una amplia oferta de programas entre los cuales se cuenta con un buen número de licenciaturas, no todas vinculadas a la Facultad de Educación, sino en diversas facultades.

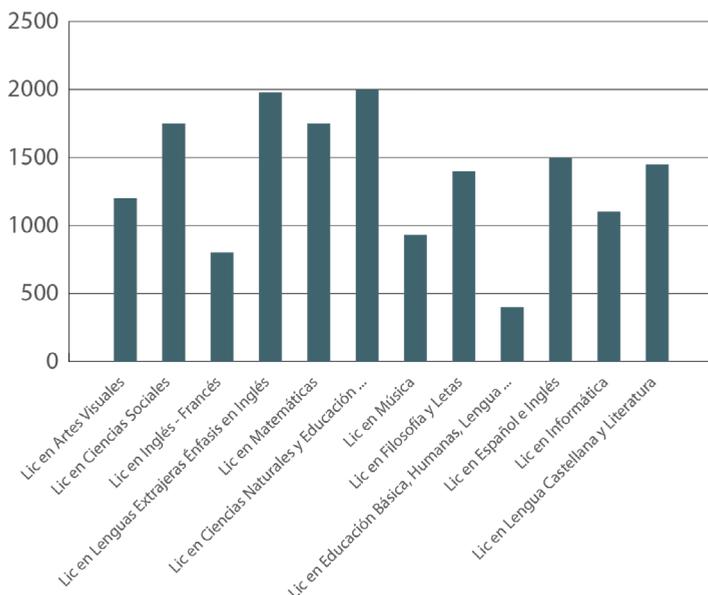


Figura 1. *Estudiantes inscritos a licenciaturas de la Universidad de Nariño del periodo 2016 - 2023*

Fuente: Planeación Universidad de Nariño, 2023.

En la Figura 1 se muestra un consolidado de estudiantes inscritos a las licenciaturas de la Universidad de Nariño del periodo 2016 - 2023, en el que es posible inferir que la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental es una de las de mayor interés para los jóvenes del departamento de Nariño (Ver Figura 2).

Además, la Facultad de Educación ofrece dos licenciaturas: una en Lengua Castellana y Literatura y otra en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, que se oferta en la capital del departamento de Nariño y en la ciudad de Tumaco, correspondiente a la zona pacífica. Esto implica una amplia cobertura de los egresados en el departamento y en la región.

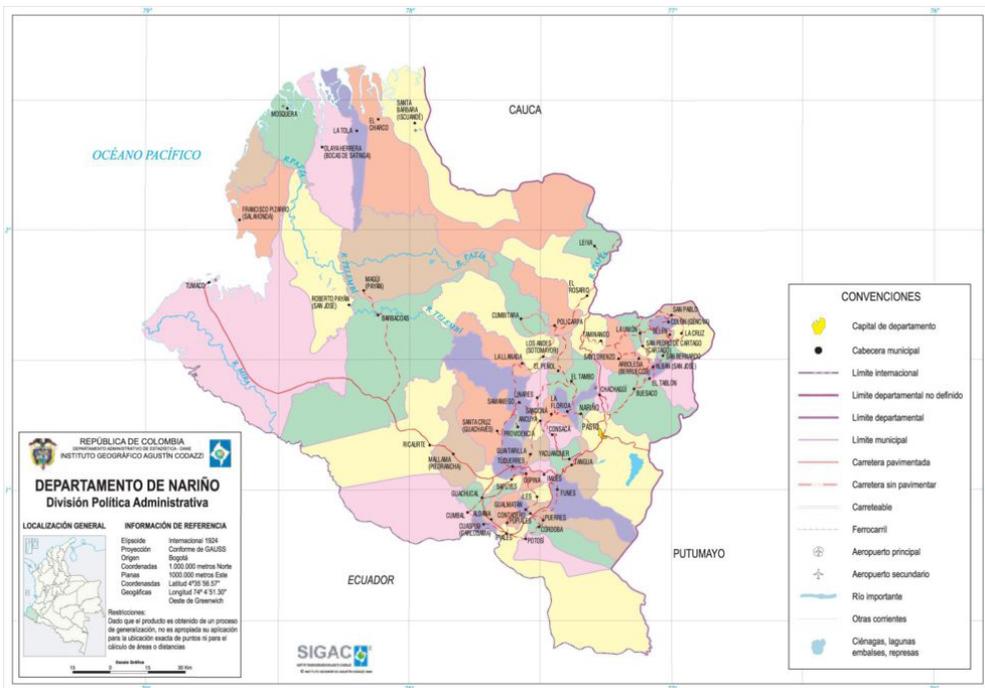


Figura 2. Departamento de Nariño

Fuente: Gobernación de Nariño, 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta el registro histórico del número de estudiantes inscritos y matriculados en el programa durante los últimos años.

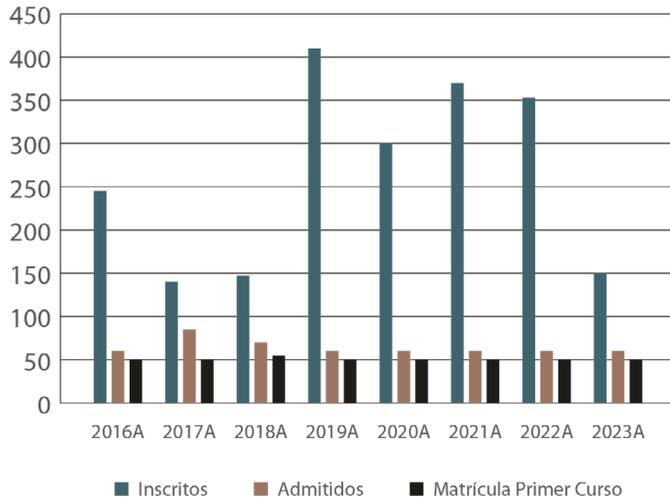


Figura 3. *Número de estudiantes inscritos al programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental*

Fuente: Planeación Universidad de Nariño, 2023

En la Figura 3 se muestra que, si bien tras la pandemia hubo un descenso en el número de inscritos, para el año 2023 la situación se ahondó, aunque este descenso no tenía que ver exclusivamente con situaciones de desinterés por el estudio de las ciencias naturales, sino por una situación administrativa. Para el año 2024 se espera un número de matriculados acorde con los cupos ofrecidos.

La formación del profesorado en Ciencias Naturales

La formación del profesorado en Ciencias Naturales se ha convertido en un reto significativo de la sociedad actual, por la función que cumplen los estudiantes como formadores de las nuevas generaciones para la comprensión y preservación del entorno, así como para el avance de la ciencia y la tecnología. Por lo anterior, lograr una sólida y diversificada formación permitirá que adquieran habilidades y herramientas intelectuales que les permitan relacionarse con el mundo natural y tomar decisiones fundamentadas para abordar los desafíos actuales (Blancas, 2015; Mora, 2015; Cebrián y Junyent, 2014).

En este sentido, en Colombia, según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2017), la Resolución 18583 establece las siguientes características específicas de calidad para los programas de formación de profesores en Colombia:

1. En primer lugar, la pertinencia; los programas deben estar diseñados y actualizados para responder a las necesidades y demandas del entorno y del país, en términos de formación de docentes, asegurando que los futuros docentes estén preparados para enfrentar los desafíos actuales y contribuir así, al desarrollo educativo del país.
2. La integralidad; los programas deben formar docentes con una visión integral y holística, que les permita comprender la realidad social y

educativa del país, considerando aspectos como la diversidad cultural, la equidad y la inclusión.

3. La innovación, como parte fundamental en la formación de docentes. Los programas deben promoverla, al igual que el uso de nuevas tecnologías y estrategias didácticas innovadoras para brindar una educación de calidad.
4. La investigación, característica esencial, porque los programas deben fomentarla, como también la generación de nuevo conocimiento en el campo de la educación y la formación de docentes. Con esto se contribuye de manera significativa a la práctica docente y a la generación de soluciones. Además, los programas deben estar abiertos a la internacionalización y a la cooperación académica internacional, con el fin de enriquecer la formación de los docentes y promover el intercambio de experiencias y conocimientos.
5. La flexibilidad, por cuanto los programas deben tener un enfoque flexible y adaptable que permita la inclusión de nuevas metodologías y estrategias de enseñanza y aprendizaje, garantizando que los docentes estén preparados para los cambios y desafíos del contexto educativo.
6. Ética y responsabilidad social son fundamentales en la formación docente. Los programas deben formar docentes éticos y responsables socialmente, que contribuyan al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad.
7. Finalmente, los programas deben contar con sistemas de evaluación y seguimiento de calidad de la formación y de los resultados de aprendizaje de los estudiantes; esto permitirá asegurar la calidad de la formación docente y realizar ajustes necesarios para mejorar continuamente.

En este escenario, se debe cumplir estas características específicas de calidad, para obtener, renovar o modificar el registro calificado de los programas de formación de profesores en Colombia. De igual manera, en esta resolución se establece los componentes de formación para el profesorado,

a saber: pedagógico, didáctico, de la práctica pedagógica, disciplinar y, el de los fundamentos generales (MEN, 2017).

El componente disciplinar en ciencias que se toma en la presente investigación se basa en la comprensión de los principios fundamentales de las ciencias naturales, que incluyen áreas como: biología, química, física, geología y ecología, entre otras. Este componente tiene como finalidad, que los futuros docentes adquieran un sólido conocimiento disciplinar; de ahí que se enfatiza la importancia de actualizarlo constantemente, para estar al tanto de los avances científicos y tecnológicos en estas áreas y poder enseñarlos de manera actualizada en las aulas de clases.

La formación disciplinar no solo se debe limitar a las aulas y los laboratorios, ya que es necesario que los docentes en formación tengan la oportunidad de participar en investigaciones y proyectos prácticos que les permitan aplicar sus conocimientos en situaciones del mundo real, posibilitando experiencias valiosas que contribuyan en la configuración de bases de conocimiento sólidas que respondan a la realidad y las proyecciones futuras (Cebrián y Junyent, 2014) en ciencias naturales. Esta formación en ciencias debe desarrollar, además, la curiosidad, el pensamiento crítico, las habilidades analíticas y la capacidad de resolver problemas a través de la formulación de preguntas, la capacidad de afrontar las ideas preconcebidas y, la disposición al aprendizaje permanente (Bruns y Luque, 2014).

En efecto, la formación del profesorado en Ciencias Naturales es esencial para comprender y abordar los desafíos de la sociedad contemporánea, tales como: los problemas ambientales, tecnológicos, científicos y culturales; por ende, como expresa Parga (2016), se exige la transformación de los sistemas educativos y, una mejora en la formación del profesorado, la cual no parece avanzar a la par de los nuevos desafíos.

En este entendimiento, la educación debe adaptarse al contexto, donde la incertidumbre y la rapidez de los cambios son la norma; debe promover la capacidad de adaptación, el pensamiento crítico y la creatividad, en lugar de transmitir solamente conocimientos estáticos (Bauman y Payás, 2013); de ahí que esta formación enfrente una serie de retos y limitaciones que

deben ser considerados y superados para preparar a los estudiantes de manera efectiva.

2.1 Retos en la formación del profesorado en Ciencias naturales

La formación de profesores en ciencias afronta diversos desafíos; hay problemas relacionados con el acceso a recursos, tecnología e, incluso, los mismos currículos de los programas de formación que están desactualizados y, al parecer, no toman en cuenta los resultados de la investigación didáctica al respecto; pero, quizá, uno de los más importantes se relaciona con la desconexión entre la teoría y la práctica (Macías et al., 2015).

Si bien la legislación en Colombia establece unos componentes específicos que los programas de formación profesoral deben considerar, como los componentes pedagógicos, didácticos, disciplinares y los fundamentos generales, resulta muy complicado integrarlos a la práctica pedagógica e investigativa. Representa un gran reto adquirirlos desde lo pedagógico, psicológico, didáctico, conjugarlos en el plano de lo disciplinar y, llevarlos de forma efectiva al aula (Gallego, s.f.).

Otro desafío que se debe asumir es la interdisciplinariedad en las ciencias naturales, puesto que existen barreras tradicionales entre las diferentes disciplinas científicas, aunadas a un lenguaje común, a la resistencia de abandonar los enfoques disciplinares y a adoptar perspectivas más amplias. Las ciencias naturales están conectadas con otras disciplinas o áreas del conocimiento, para abordar problemas o preguntas complejas; por eso la importancia de que un profesor pueda comprender, explicar y resolver problemas que no pueden ser completamente comprendidos desde una única perspectiva.

La mayoría de los desafíos y problemas del mundo real no se limitan a una sola disciplina; estos deben ser abordados desde la cooperación de dos o más disciplinas, las cuales aportarán sus propias elaboraciones conceptuales y sus formas de abordar los problemas (Fonseca, 2018). Claro está, que la interdisciplinariedad parte de la profundización disciplinar, situación que, para los programas de formación docente en ciencias, se convierte

en uno de los problemas más fuertes, por cuanto abarca áreas del conocimiento amplias como la biología, la química y la física.

Así las cosas, la formación desde la interdisciplinariedad permite a los licenciados en ciencias naturales, adquirir una comprensión más amplia y completa de los problemas y fenómenos naturales, porque estos serán capaces de ver conexiones y patrones que pueden pasar desapercibidos desde una perspectiva más estrecha, superando la fragmentación, segmentación y la simple yuxtaposición de situaciones o fenómenos (López, 2012).

Otra categoría para tener en cuenta es la rápida evolución de la tecnología, la cual requiere que el profesorado en ciencias naturales esté familiarizado con herramientas, métodos y contenidos que les permitan la actualización. Al respecto, es necesario comprender que la ciencia proporciona el conocimiento fundamental sobre el mundo natural, mientras que la tecnología utiliza este conocimiento para desarrollar aplicaciones (Solbes et al., 2019).

Un profesor en formación en ciencias naturales debe comprender cómo la tecnología se basa en los principios científicos para resolver problemas y mejorar la calidad de vida, además de abordar los retos que esta tiene inmersos; de ahí que es necesario comprender que las tecnologías digitales, sin duda, han transformado la generación y difusión de los conocimientos y, han alterado profundamente las formas como se utiliza el conocimiento (Cobo, 2016).

Asimismo, la incorporación de la tecnología en los procesos de formación convoca desafíos éticos y sociales que requieren una comprensión sólida de los principios científicos, para abordarlos de forma efectiva. Integrar temas tecnológicos en el plan de estudios de ciencias naturales brinda a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolver problemas en contextos del mundo real (Ramírez, 2018).

Por último, entender las bases de la tecnología es esencial para un licenciado en ciencias, porque le permite llevar a cabo investigaciones de alta calidad, comunicar efectivamente sus hallazgos, analizar datos eficientemente, mantenerse al tanto de los avances científicos y tecnológicos y, abordar problemas científicos de manera más efectiva. La combinación

de habilidades científicas y tecnológicas es cada vez más importante en el mundo actual, donde la tecnología desempeña un papel central en casi todos los aspectos de la vida y la investigación. Por eso, comprender la ciencia y la tecnología desde sus componentes metadisciplinarias y multidisciplinarias permitirá al profesor, enseñar el sentido que tienen las teorías y toda la lógica y pertinencia de la ciencia/tecnología, en contraste con otras formas de pensar y entender el mundo (Parga, 2016).

Por todo lo anterior, esta investigación cobra sentido, porque ausculta los procesos de formación docente en dos teorías importantes: la teoría cuántica y la teoría de la relatividad, que están estrechamente relacionadas con las nuevas tecnologías que se corresponden a diario; desconocerlo lleva a unos vacíos en la enseñanza de las ciencias. Además, como afirma López (2012), la existencia de estos diferentes niveles de realidad hace necesaria la utilización de diversas lógicas para abordar cada una de ellas, donde se reconoce la discontinuidad y el indeterminismo. Con esto se convoca a que la lógica de los profesores vaya más allá de lo aparente y motive a los estudiantes a entender otras formas de construcción del conocimiento.

Ahora bien, es primordial destacar que en la formación de licenciados en ciencias puede darse unas limitaciones que se considera relevante superar, para lograr una educación de calidad. Estas pueden ser muchas y con orígenes diferentes; aquí se abordará tres: la financiación, la calidad en la formación docente y la desactualización y rigidez de los currículos de formación en ciencias.

La financiación insuficiente afecta la calidad de la educación. La falta de financiamiento adecuado puede resultar en problemas para la consecución de equipos de laboratorio, dispositivos tecnológicos, materiales didácticos actualizados y la incapacidad de atraer y retener a profesores altamente calificados.

Otro reto esencial es contar con docentes calificados; para ello es necesaria una sólida preparación en el campo pedagógico, disciplinar y en didáctica de las ciencias. Como mencionan Bruns y Luque (2014), diversas investigaciones en los últimos diez años han permitido evidenciar que, una vez que los niños ingresan a la escuela, ningún otro factor es tan importante como la calidad de los profesores para lograr un sistema educativo de calidad.

Consideran que la calidad de los profesores es limitada y esto se convierte en un factor importante que impide el avance de la región. Entre los factores a destacar mencionan: una baja exigencia para ingresar a las facultades de educación y la tendencia de ingresar con bajos puntajes, en comparación con otros programas, lo cual deja en evidencia la necesidad del nuevo enfoque de formación de profesores para lograr cambios en los diferentes ámbitos de la sociedad.

Chacón (2023) afirma que, “quienes estudian programas relacionados con licenciaturas y ciencias de educación, es decir, aquellos que se preparan para ser docentes, son los que obtienen los resultados más bajos a nivel global en las pruebas Saber Pro” (párr. 1). Esta afirmación preocupa, ya que Saber Pro es una prueba que presentan los profesionales al finalizar su proceso de formación y, conocer estos resultados es una voz de alerta para las instituciones formadoras de docentes. El análisis que se presenta en este reconocido diario es que la calidad de la educación en Colombia se relaciona directamente con la formación de los docentes. Específicamente, en la educación en ciencias, como se ha expuesto, lo cual está ampliamente reconocido.

En consecuencia, la formación en ciencias plantea como reto, un constante cambio conceptual, epistemológico, metodológico, psicológico y axiológico; es decir, una constante reflexión y observación en la práctica diaria; esto permite que los profesores de ciencias revisen, reconstruyan y valoren críticamente la forma como llevan a cabo su actividad pedagógica, el desarrollo de los contenidos y los cambios y producción de conocimientos y tecnología. Es necesaria la reflexión de los docentes también sobre cómo y de qué forma se relacionan con sus alumnos y en torno a la afectividad y emotividad que estos despliegan en el desarrollo de las actividades de aprendizaje, una reflexión sobre la cual se permite articular la teoría y la docencia, mediante la cual los docentes valoran sus propios saberes y generan un cierto nivel de empoderamiento (Blancas, 2015).

Otra limitación se relaciona con los currículos propuestos para la formación de profesores que, en muchas ocasiones, no están ajustados a la normativa vigente o les dan la espalda a los requerimientos del sistema educativo colombiano. La rigidez de los programas académicos no permite la adapta-

ción rápida a los avances científicos y tecnológicos; esto puede dejar a los estudiantes desactualizados en campos emergentes; de ahí que, desde lo curricular se enfatiza en que su falta de adaptabilidad permite evidenciar diseños estáticos y no permite ajustarse a las necesidades cambiantes de la sociedad y los requerimientos de lo laboral (Solbes et al., 2019).

Además, como expresan Díaz y Hernández (2002), al aprender se necesita la capacidad de reflexión sobre lo que se aprende y cómo se aprende y, en consecuencia, autorregular el proceso de aprendizaje haciendo uso de estrategias flexibles que deben verse reflejadas en los diseños de los programas y en las concesiones para la evolución de los mismos.

Más aun, en un mundo donde la tecnología avanza a un ritmo vertiginoso y las demandas son variables, un plan de estudios rígido puede resultar obsoleto, contribuyendo negativamente a que los profesores en ciencias limiten su capacidad de adquirir habilidades y conocimientos actualizados y relevantes. Zampieri y Javaroni (2020) sostienen también que, se requiere fortalecer en la formación de los docentes en ciencias naturales, el desarrollo del pensamiento computacional con enfoques interdisciplinarios, el lenguaje de programación, entre otros, con el propósito de que adquieran los conocimientos y las habilidades necesarias para integrar las TIC en sus prácticas y, potenciar así su aprendizaje.

Por otra parte, cuando se presenta rigidez curricular, esto puede limitar la creatividad y la innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Al imponer una estructura estricta y predefinida, se corre el riesgo de sofocar la curiosidad y la capacidad de los estudiantes para explorar temas de su interés. La creatividad es esencial en la formación de licenciados en ciencias, ya que fomenta la resolución de problemas y la generación.

Otro aspecto negativo de los currículos rígidos es la pérdida de relevancia. Los planes de estudio inflexibles a menudo están basados en estructuras anticuadas que no reflejan las necesidades y desafíos contemporáneos; esto puede llevar a que los licenciados en ciencias se gradúen con habilidades y conocimientos que no resultan aplicables al mundo real. Las dinámicas educativas deben estar acordes con los procesos de innovación, las exigencias laborales y los desempeños idóneos por competencias, des-

trezas, capacidades y aptitudes, que vayan afines a las nuevas exigencias y tendencias que se producen en diferentes lugares del mundo y la dinámica de la globalización (Ceballos-Botina, 2022).

Para abordar estos problemas, las instituciones educativas deben considerar la implementación de currículos más flexibles, que faciliten a los estudiantes adaptarse a un mundo en constante cambio, fomentar la creatividad y adaptabilidad para mantenerse relevantes en un entorno laboral dinámico. La formación de licenciados en ciencias debe ser una experiencia enriquecedora y versátil que prepare a los estudiantes para enfrentar las problemáticas e invenciones del siglo XXI.

Para finalizar, aunque la formación de licenciados en Ciencias Naturales es esencial para abordar los desafíos científicos y ambientales del siglo XXI, esta formación se enfrenta a una serie de retos y limitaciones que van desde la necesidad de mantenerse actualizada en tecnología y conocimientos, hasta la falta de financiamiento y, por ello, la obstrucción en la cualificación docente. Superar estos obstáculos requerirá un compromiso continuo de las instituciones educativas, los gobiernos y la comunidad científica en su conjunto, para garantizar que los licenciados en Ciencias Naturales estén preparados para enfrentar los desafíos del mundo actual y futuro (Boaventura de Sousa, 2007).

Formación de licenciados en ciencias y su relación con el conocimiento profesional del profesor

3.1 Conocimiento profesional del profesor en Ciencias naturales

En este apartado se fundamenta teóricamente la categoría de análisis 'Conocimiento profesional docente'. Se hace una aproximación a las contribuciones de diversos autores, lo cual permite contextualizar sus aportes, no solo en el campo de la formación de profesores, sino en un tema muy particular como es la teoría cuántica y la teoría de la relatividad en la formación de licenciados en ciencias naturales, por lo cual, hablar de conocimiento profesional del profesor es necesario cuando se pone en consideración los procesos de enseñanza aprendizaje que se trabaja en la escuela.

El conocimiento profesional se refiere a la comprensión profunda y especializada que un docente tiene sobre su materia, su práctica pedagógica y su contexto educativo; de ello depende el éxito en la educación, por lo que, como mencionan Marcelo y Vaillant (2009), el conocimiento profesional deseado es un conjunto de conocimientos conceptuales y prácticos que deben ser fundamentados en la teoría y en la investigación, alineados desde la reflexión de los problemas relevantes que atañan a cada contexto, relacionando el nuevo conocimiento profesional de acuerdo con la complejidad y la singularidad de los sistemas de enseñanza-aprendizaje, destacando en ocasiones un conjunto de conocimientos previos, destrezas comunicativas, comprensión, acople de tecnologías, valores éticos y gran disposición (Shulman, 2011).

En consecuencia, según Porlán et al. (1997), hablar de conocimiento profesional del profesor (CPP), es reconocer su naturaleza básicamente epistemológica y cómo está se relaciona con la caracterización epistemológica del conocimiento escolar, el cual es un constructo complejo que abarca una serie de dimensiones interrelacionadas que son fundamentales en el aula para las decisiones pedagógicas y didácticas.

Desde esta perspectiva, se asume que el conocimiento profesional está integrado del conocimiento disciplinar y metadisciplinar y, los saberes experienciales, siendo estos últimos los que se desarrolla en la práctica. Cabe resaltar que son el conjunto de saberes prácticos y experimentales que, al ir de la mano de la autorreflexión y la investigación constante, hacen que el saber profesional tienda siempre a la evolución; con ello, el desarrollo de profesores y alumnos trasciende y logra dar una visión crítica del profesorado y el estudiantado (Porlán et al., 1997; Ballenilla, 2003). Se sitúa la práctica como ámbito epistemológico específico y, particularmente, la práctica profesionalizada es intervención en lo cotidiano, pero no es la mera acción (Fonseca 2018).

Ahora bien, también es necesario mencionar que el CPP solo puede desarrollarse a partir de la investigación de los problemas del ámbito epistemológico específico; es decir, de los problemas prácticos profesionales (PPP); de ahí que, investigar no vincula la reproducción acrítica de las prácticas tradicionales, sino que permite construir nuevos significados que van más allá de estereotipos ya asumidos en la escuela (Porlán et al., 2011).

En ese sentido, cobra relevancia hablar de las tipologías que este conocimiento presenta y cómo estas contribuyen a comprender los elementos esenciales en la formación de profesores, específicamente los del área de ciencias naturales:

3.2 Conocimiento disciplinar

Los docentes deben tener una comprensión clara de los contenidos curriculares que imparten, así como de las teorías y conceptos fundamentales dentro de su disciplina. Este tipo de conocimiento se caracteriza por su estructura interna, que incluye conceptos, teorías, principios y métodos

específicos que son propios de la disciplina, así como también del dominio de la misma, habilidades y manejo de saberes claros; por ello, uno de los elementos clave del conocimiento disciplinar es la conceptualización, que implica la capacidad que deben tener los maestros para definir y comprender los conceptos fundamentales dentro de la disciplina, adoptando con ellos nuevas formas de búsqueda de conocimiento y habilidades para la enseñanza y las relaciones que esto conlleva (Libâneo, 2014).

Conviene resaltar que, cuando el maestro tiene una comprensión de la disciplina, esto implica adoptar consigo su desarrollo histórico, su relevancia en el contexto actual, las limitaciones y desafíos en el campo de estudio, para que logre realizar una conceptualización clara de su disciplina, en algo que resulta como una malla cognoscitiva que se va ampliando y complejizando a medida que adquiere información y la enlaza con la previa (Shulman, 1986). Esta complejidad cognoscitiva está correlacionada con los intereses personales de cada individuo (Porlán et al., 1997).

3.3. Conocimiento didáctico del contenido

Por otra parte, dentro del CPP está el conocimiento **didáctico del contenido**. No solo se trata de un conocimiento relacionado con estrategias, técnicas o formas, sino de la didáctica específica para la disciplina, en este caso, de las ciencias naturales. Ya se ha superado la idea de una didáctica general que, de alguna manera, se pudiera entender como un conocimiento práctico de la enseñanza; más bien, es una conjunción de los saberes propios de la disciplina para la enseñanza (Muñoz et al., 2021).

Se ha evidenciado que, no solo es necesario que el maestro tenga un conocimiento claro de la materia; debe poseer además, un **conocimiento didáctico del contenido**, que incluye estrategias de enseñanza, métodos de evaluación, comprensión del desarrollo cognitivo de los estudiantes y, la capacidad de adaptar las clases frente a las necesidades de los alumnos; de igual forma, para que pueda desarrollar un conocimiento didáctico en el aula, es esencial que reciba una formación adecuada, lo cual implica comprender cómo enseñar la materia y que se adapte a las características y niveles de comprensión de los estudiantes con quienes está inmerso

(Moreno, 2011); esto demuestra la configuración de un aprendizaje para la enseñanza por parte de los docentes en formación.

Sin duda, en la selección de estrategias y formas de enseñanza adecuadas para un contenido, es indispensable considerar el saber y la diversidad de estudiantes, lo cual incluye los estilos de aprendizaje, las habilidades, necesidades especiales y antecedentes culturales, los contextos específicos, la actualidad que se vive, entre otros; por ello, es esencial destacar que el conocimiento didáctico en el aula implica ser capaz de atender esta diversidad y adaptar la enseñanza para lograr que el estudiante construya su conocimiento sobre los elementos que dispone el profesor en el aula de clases; esto evita que se propague una educación memorística y sin análisis crítico de lo que se enseña y se aprende (Garriz et al., 2008).

La complejidad del proceso de formación docente se materializa en este aspecto, pues los docentes en formación construyen un conocimiento en ciencias para la enseñanza, además de su propio aprendizaje y su propia forma de enfrentar el conocimiento, razón por la cual, el aprendizaje que construyen implica no solo el saber de la disciplina, sino su proyección hacia la enseñanza.

3.4 Conocimiento pedagógico

Es otro de los conocimientos esenciales en la adquisición del conocimiento profesional docente; si bien es un conocimiento más general que el conocimiento didáctico que, como se explicó, es disciplinar, no es menos importante, por cuanto contextualiza al docente en formación en saberes relacionados con la manera como se desarrolla quien aprende, las formas de aprendizaje, los aspectos psicológicos relacionados en el mismo, los problemas generales como la inclusión, la atención a la diversidad, los escolares y, su relación con el entorno próximo.

Por otra parte, cabe destacar que también es necesario el conocimiento de los **contextos educativos**, partiendo de una reflexión constante de su práctica para identificar tanto grupos educativos como culturas de las comunidades, evidenciando la variedad de elementos que se debe atender para una enseñanza oportuna a los contextos sociales (Pino-Fan y Godino, 2015).

En este orden de ideas, un país como Colombia, con una amplia pluriculturalidad, con saberes ancestrales y regionales, requiere docentes que asuman dicha pluralidad; aún más, al particularizar al departamento de Nariño, en el que se conjuga la región pacífica con amplia tradición afrodescendiente y la zona andina con saberes y prácticas ancestrales producto del legado de los pueblos indígenas que habitaron y habitan esta región (Torres y Quintero, 2018). En cuanto al conocimiento del contexto, los maestros deben reconocer el contexto en el que enseñan; esto implica comprender las características de los estudiantes, la cultura de la escuela, las políticas educativas y las expectativas de la comunidad (Prieto et al., 2012).

Como menciona Valbuena (2007), el conocimiento del contexto se configura a través de la relación del sujeto con los elementos contextuales, como: la sociedad, la cultura, la familia y la escuela, por lo que es fundamental considerar todos los contextos, no solo a nivel individual, sino a nivel global para la enseñanza en ciencias; por ello, este conocimiento permite a los profesores tomar decisiones informadas sobre cómo abordar los desafíos específicos que enfrentan en los contextos educativos.

Bermúdez y De Longhi (2012) argumentan que son tres los contextos que hacen presencia en el aula de clases: el situacional, que hace referencia al medio socio cultural, el ambiente institucional y, el momento histórico. También mencionan el contexto lingüístico, que representa la interacción a través del discurso por parte del profesor y los estudiantes y, en la terminología propia del contenido; por último, relacionan el contexto mental del docente y el estudiante, conformado por todos los 'no observables', concernientes a las representaciones y referentes sobre el tema; estos contextos se hacen visibles en el momento de la interacción en el aula, condicionando las decisiones didácticas y disciplinares (De Longhi, 2000).

Otro elemento a tener en cuenta es el conocimiento reflexivo en el desarrollo del conocimiento profesional del profesor, donde este debe ser capaz de analizar y evaluar su propia práctica, identificar áreas de mejora y buscar constantemente oportunidades para el crecimiento profesional; esto implica una profunda comprensión y análisis de la información, en contraposición al conocimiento superficial o memorístico; además, es importante

realizar esa reflexión desde el contexto; esto significa, entender cómo se relaciona la información con situaciones reales o problemas concretos permitiendo así, asumir dichos retos como escenarios de investigación didáctica sobre los que se puede generar reflexiones y reconstruir conocimiento para la transformación del profesional (Méndez et al., 2019).

También se puede destacar, como revela Porlán (2018) que, el profesor, en lugar de recibir información de manera pasiva, opta por participar activamente en la construcción de su propio conocimiento; esto involucra procesar la información, relacionarla con experiencias previas y llegar a conclusiones significativas a partir de un conocimiento reflexivo, lo que implica una comprensión profunda, capacidad de reflexión, contextualización, construcción activa del conocimiento y autonomía en el pensamiento, destacando la visión crítica de los fenómenos educativos y formativos, donde dichos elementos son esenciales para promover un aprendizaje significativo y una educación de calidad.

Para finalizar, el conocimiento profesional del profesor abarca tanto el conocimiento de la materia, como el conocimiento pedagógico, el conocimiento didáctico, el conocimiento del contexto y la capacidad de reflexión sobre la práctica. Estas dimensiones trabajan en conjunto para permitirle tomar decisiones en el aula y promover el aprendizaje significativo de sus estudiantes, donde su enfoque destaca la importancia de la formación y su desarrollo profesional para mejorar la calidad de la educación (Castro, 2014).

Lo anterior evidencia la complejidad que implican los procesos de formación del profesorado en ciencias; no solo se trata de conocer la disciplina para su enseñanza; es vital que su conocimiento profesional se fortalezca con muchas formas de conocimiento que, además, requieren de su integración y contextualización tanto en la práctica futura como en el mismo proceso de construir dicho conocimiento profesional.

Desde esta perspectiva, es imprescindible considerar la enseñanza como base para impulsar el aprendizaje; por lo tanto, resulta fundamental abordar los procesos de formación de docentes en ciencias naturales y educación ambiental, tal y como señalan Núñez et al. (s.f.). Este abordaje no solo debe centrarse en aspectos metodológicos, sino también en aspectos

conceptuales que les permitan a los docentes aclarar dudas y modificar o fortalecer sus estructuras conceptuales. Por consiguiente, en esta investigación se lleva a cabo un análisis basado en el conocimiento profesional de los docentes en formación.

Como ya se mencionó, el conocimiento profesional docente no solamente es un campo amplio de investigación, sino que se trata de un escenario con diversas aristas, como lo refieren Méndez et al. (2019): la construcción del conocimiento profesional es un proceso complejo en el que, sin duda, intervienen fuentes de tipo académico, pero condicionadas por las fuentes de tipo experiencial; esto da pie a pensar que el contexto práctico moldea el conocimiento profesional y por tanto amalgama lo que los profesores piensan y hacen.

Así entonces, el foco de interés en esta investigación se relacionó con el conocimiento disciplinar en dos áreas: Física y Química, especificando dos teorías que se considera fundamentales en la formación y el ejercicio docente, como conocimiento fundamental para los licenciados en Ciencias naturales y educación ambiental.

La pretensión de la investigación se centró en la comprensión de los contenidos específicos que se enseña en estas áreas fundamentales; la investigación didáctica, como se ha referenciado en este documento y, cómo los docentes de Ciencias naturales deben conocer profundamente los contenidos, para poder hacer una adecuada transposición didáctica de los mismos y lograr así la construcción de nuevos saberes.

Lo que se busca caracterizar es un tipo de conocimiento disciplinar que va más allá del dominio de un contenido específico y que se enfoca en la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. Se trata de develar el conocimiento profesional de los docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación de la Universidad de Nariño en cuanto a la TR y la TC como base conceptual de la explicación de la estructura de la materia.

Ahora bien, el conocimiento profesional docente se desarrolla a través de la formación inicial en la educación, la experiencia en el aula y el aprendi-

zaje continuo a lo largo de la carrera; por tanto, su análisis debe hacerse constantemente mientras los docentes se encuentran en el proceso de formación, con el fin de tomar decisiones al respecto; estos deben mantenerse actualizados tanto en los saberes como en las investigaciones y prácticas educativas más recientes, para mejorar su enseñanza y promover el éxito de sus estudiantes (Vaillant, 2016).

3.5 Conocimiento profesional de los docentes en formación de la Licenciatura en Ciencias en cuanto a la Teoría de la Relatividad y la Teoría Cuántica

Una de las discusiones generalizadas en el ámbito educativo se relaciona con la calidad de la educación en Colombia, especialmente en cuanto a la enseñanza de las ciencias en la educación básica y media, aspecto relacionado además con los bajos resultados en las pruebas estandarizadas tanto nacionales como internacionales que dejan al descubierto que los esfuerzos no han sido suficientes para alcanzar los niveles deseados (Ayala-García, 2015). De igual manera, existe otro hecho que llama poderosamente la atención: se trata del creciente desinterés de los jóvenes por el aprendizaje de las ciencias (Solbes et al., 2007; Muñoz-Marín, 2021). Es primordial considerar que este hecho no es un asunto exclusivo de países en vía de desarrollo como es el caso de Colombia; sí es menester prestar atención a qué hechos generan este alejamiento de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias naturales. Así entonces, tanto Física como Química, son dos disciplinas que tienen una imagen pública bastante compleja, que las han ubicado como áreas difíciles de aprender y, también, de enseñar (Freire et al., 2015).

Por lo anterior, la Física y la Química gozan de un no muy honroso lugar en la escala de complejidad, que ha ocasionado dificultades como: baja afluencia de los estudiantes a estas áreas, altas tasas de reprobación, poca motivación, entre otros problemas, por lo cual se puede generar un sinnúmero de explicaciones relacionadas con la imagen general de la ciencia. La enseñanza de estas disciplinas se ha enfatizado en procesos teóricos, descontextualizados y desconectados de los intereses y necesidades de las nuevas generaciones (García et al., 2017).

De ahí que se considera significativo en esta loable labor de formar profesores en ciencias naturales, incluir la comprensión de dos campos: la teoría cuántica y la teoría de la relatividad, porque permite familiarizarse con los avances tecnológicos y de las ciencias, como: la electrónica, el láser, la computación cuántica, la medicina nuclear, la energía nuclear, los satélites GPS y muchas otras aplicaciones tecnológicas que son fundamentales en la sociedad moderna (González et al., 2020). La TR ha influenciado áreas como la física de partículas, la fusión nuclear, la detección de ondas gravitacionales y la exploración espacial. Es importante destacar que su enseñanza presenta desafíos significativos, como la percepción de su complejidad matemática y la necesidad de abstracción para comprender conceptos como la dilatación del tiempo o la curvatura del espacio-tiempo (Muñoz et al., 2023).

Estas dos teorías permiten, igualmente, una ampliación de la comprensión de la realidad y el universo, destacando en múltiples ocasiones su aplicabilidad no solo a nivel microscópico sino macroscópico, permitiendo un diálogo en campos interdisciplinarios como la astrofísica, la cosmología, la ingeniería, la informática cuántica, la biología molecular y la química cuántica. Las dos teorías hacen un llamado a fortalecer en los docentes un pensamiento abstracto, un razonamiento lógico y unas habilidades matemáticas que son valiosas en muchas áreas profesionales, no solo en la ciencia, entendiendo así los múltiples avances que traen consigo (Solbes y Sinarcas, 2010).

Ahora bien, la TC y la TR han generado un quiebre epistemológico muy fuerte, pues implican nuevas formas de entender la naturaleza y, si bien no hacen parte de una temática explícita señalada en los estándares curriculares, se asocian a la noción de materia, energía, gravedad y naturaleza de las ciencias. En muchas ocasiones son abordadas desde enfoques tradicionales e históricos que se adaptan a la enseñanza, pero que no abordan a profundidad conocimientos en sí de dichas teorías; por ello es importante valorar que su trabajo en la educación básica y media abriría un espacio mucho más amplio de formación en ciencias.

La investigación contempla como eje de trabajo, la comprensión de las interrelaciones entre el conocimiento profesional que el profesor en for-

mación pueda construir con respecto a elementos de la TC y la TR, con su incidencia en la enseñanza futura de las ciencias naturales; entender que el surgimiento de la TC y la TR a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX reveló limitantes de la física clásica que hasta ese momento tenían un poder explicativo exitoso y que, al enfrentarse a la imposibilidad de explicar el mundo atómico y subatómico, generó una gran revolución que requirió de un replanteamiento global con un nuevo marco conceptual (Gil y Solbes, 1993; Pérez y Solbes, 2003; Solbes y Sinarcas, 2009; 2010) no solo en el campo científico, sino en la comprensión de la naturaleza, de sus fenómenos y de la realidad; lo que en esta reflexión se asume como derivación epistémica (Muñoz, 2018), puede incidir para que en la educación básica y media del país no solo se aborde esta temática, sino que se haga de forma suficiente y con una buena base conceptual (Muñoz-Burbano y Cerón-Cabrera, 2015).

La actualización de los currículos de formación del profesorado, entre otros elementos, debería buscar abordar tópicos de física moderna, entendida como aquella que necesita para su interpretación, de la TC o la TR. En consonancia, se crea la necesidad de formar docentes en este campo, aun cuando más allá de las temáticas, hay nociones fundamentales que no solo se relacionan, sino que requieren del formalismo de estas teorías para una enseñanza y un aprendizaje adecuados y que fácilmente podrían ser conectadas con temas de actualidad como láseres, tratamiento de imágenes, energía nuclear, microondas y demás aplicaciones que son parte del día a día de las nuevas sociedades (Muñoz-Burbano et al., 2020; Cala y Eslava, 2011).

Para ser más específicos, en la mecánica cuántica, si se toma como ejemplo la noción de materia que se trabaja a lo largo de la educación básica primaria y secundaria en química, física y biología, en el sistema educativo colombiano esta se enseña de una manera general y, en el mejor de los casos, a través de un recorrido histórico que no llega a la actualidad de las ciencias (Muñoz-Burbano et al., 2020), lo cual deriva en currículos desactualizados y en la dificultad, por parte de los jóvenes, de adquirir elementos conceptuales importantes para entender la realidad actual.

La formación en ciencias, aún más en física cuántica, tanto en las escuelas como en las universidades, requiere un gran esfuerzo en varios aspectos; en primer lugar, es necesario establecer una 'norma' consensuada en los dos lugares; y, en segundo lugar, hay que identificar los métodos de enseñanza adecuados, ya que hoy en día se reclama una enseñanza renovada con criterios de creatividad y transdisciplinariedad con matices de renovación (De la Torre, 2009).

Hay muchos factores que determinan el enfoque de la propia enseñanza de un profesor; entre ellos, su experiencia como estudiante, sus creencias sobre la buena enseñanza de la física y sus objetivos asociados, lo que aprendió en la universidad y, el plan de estudios y sus expectativas. Además, la enseñanza de la física cuántica está estrechamente relacionada con las opiniones sobre el papel de la física y lo que tiene que decir como ciencia y sus limitaciones (Caamaño, 2011).

La formación del profesorado debería incluir el aprendizaje de los principios básicos de la física cuántica y la TR en los programas de formación de formadores en ciencias. Así pues, la combinación adecuada de contenidos y conocimientos pedagógicos ha venido siendo una cuestión abierta donde la educación se ha considerado como un sistema de observación a partir de la formación práctica, teniendo en cuenta procesos intersubjetivos para la creación del saber, logrando establecer un intercambio de conocimiento continuo donde no solo los profesores puedan observar la enseñanza, sino que estén abiertos a procesos de renovación, al ser observados (Fernández, 2009).

En este sentido, es necesario reconocer que la formación del profesorado es una relación triangular entre los conocimientos profesionales que se espera que adquieran, su experiencia en la enseñanza de las ciencias naturales en las escuelas y, los requisitos del plan de estudios, el programa de estudios y las políticas públicas y lineamientos curriculares establecidos para ello (Etkina, 2010). Para diseñar las clases, los profesores tienen que combinar los conocimientos sobre el contenido, los conocimientos pedagógicos y el conocimiento didáctico del contenido (Pospiech y Schöne, 2014).

Respecto a lo expresado, la calidad de las explicaciones de un profesor depende en gran medida de sus conocimientos sobre el contenido, por lo que debe ser flexible y adaptarse a las necesidades de sus alumnos; debe estar preparado para la enseñanza de la ciencia, concebida como la construcción desde la cultura, lo cual ayuda a comprender, interpretar y transformar no solo la naturaleza sino también a cada ser humano; es el factor más importante en el aprendizaje de los alumnos (Darling-Hammond y Snyder, 2000; Mellado, 2001).

Esto conlleva, como consecuencia, un reto para la didáctica de las ciencias, entendiendo que esta disciplina, como mencionan Martín-del Pozo y Rivero (2001), se ocupa de la enseñanza, el aprendizaje y la formación de profesores sobre los contenidos y métodos relacionados con la enseñanza de las ciencias. Por ende, realizar una conceptualización desde la línea del conocimiento profesional del profesor, permite que esta investigación logre conjugar elementos disciplinares, didácticos, contextuales y prácticos en la formación de licenciados, tomando como punto de referencia, la TC y la TR.

Por todo lo descrito, se plantea las preguntas: ¿Cómo se enseña la Teoría de la Relatividad y la Teoría de la Cuántica en la formación de licenciados en Ciencias naturales y educación ambiental? Y, ¿Qué aprenden de la Teoría de la Relatividad y la Teoría de la Cuántica los futuros licenciados en Ciencias naturales y educación ambiental? para lo cual se diseña una estructura metodológica de corte mixto.

Aspectos metodológicos de la investigación

La estructura metodológica planteada en esta investigación fue de enfoque mixto, ya que se abordó el análisis e interpretación de una realidad a través del análisis documental y la aplicación de encuestas. Se enfocó específicamente en las teorías de la Relatividad y la Cuántica en los campos de la física y la química. "Este enfoque mixto es comúnmente utilizado en el ámbito educativo debido a la complejidad de los problemas educativos, la naturaleza contextual e idiosincrática de las prácticas educativas, y la necesidad de generar recomendaciones generalizables" (Bagur et al., 2021, p. 1).

La metodología planteada se desarrolló tanto con acciones de corte cuantitativo como cualitativo, con el objetivo de lograr comprensión a profundidad del objeto de investigación que, en este caso, fue sobre el conocimiento profesional con el que se está formando a los futuros licenciados en Ciencias naturales y educación ambiental de la Universidad de Nariño, en aras de obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno de estudio. Los métodos cuantitativos se centran en la recopilación de datos numéricos y su análisis estadístico, mientras que los métodos cualitativos se enfocan en la comprensión de las experiencias, percepciones y significados de los participantes. Como afirma Chaves (2018), las investigaciones mixtas son complementarias y proveen diferentes tipos de conocimientos y ventajas al investigador, para la comprensión del fenómeno.

4.1 Momentos de la investigación

Ahora bien, esta investigación se desarrolló a partir de unos momentos que se describe a continuación:

En un primer momento se determinó el objetivo de la investigación y la finalidad de realizar este estudio; se abordó el tema de investigación, descripción de la problemática, preguntas de investigación, objetivos (productos y resultados esperados), justificación, alcance, impactos y novedad en el aporte a la ciencia, la tecnología, la innovación o, la creación artística y cultural.

En un segundo momento se realizó el diseño conceptual, el cual consistió en una revisión bibliográfica para comprender los fundamentos teóricos y conceptuales de la enseñanza de la TR y la TC. Esto permitió ampliar nuestra visión y obtener nuevas ideas para abordar la investigación. Se utilizó una rejilla de análisis que suministró información con respecto a autoría, país, año de publicación, título del documento, bibliografía, título, resumen y reflexiones del investigador.

En un tercer momento, se determinó los aspectos metodológicos: paradigma en el cual se fundamenta, selección de los participantes, diseño de los instrumentos para la recolección de datos (rejilla de análisis documental y cuestionario semiestructurado), instrumentos que fueron sometidos a un proceso de validación antes de ser aplicados.

En un cuarto momento se procedió a realizar la recolección de datos. Para ello se llevó a cabo un análisis de los documentos curriculares, especialmente los microcurrículos de Física y Química. Posteriormente, se estableció una interacción con los estudiantes de la licenciatura en Ciencias naturales, a quienes se les aplicó dos cuestionarios, con el fin de identificar el nivel de sus conocimientos con relación a la TC y la TR. Es esencial destacar que se obtuvo el consentimiento informado de los participantes y se garantizó la confidencialidad de los datos recopilados.

Para finalizar, en un quinto momento se efectuó el análisis y la interpretación de la información. Se organizó la información y se realizó análisis descriptivos para los cuestionarios y técnicas de codificación y categorización

para la rejilla de análisis documental; luego, se contrastó los hallazgos, para obtener una visión completa de la enseñanza de las teorías en mención. En este sentido, como lo expresan Bagur et al. (2021), se hizo un análisis de fusión básica, que considera vínculos a través de los datos, identificando las conexiones, discrepancias y las posibles explicaciones entre los diferentes conjuntos de datos para profundizar en el fenómeno de estudio.

4.2 Selección de la muestra

En cuanto al muestreo, se utilizó un muestreo por conveniencia, que se basa en consideraciones prácticas y busca obtener la mejor información en el menor tiempo posible, teniendo en cuenta las circunstancias específicas que rodean tanto a los investigadores como a los sujetos o grupos investigados (Sandoval, 2002). Por lo tanto, el muestreo seleccionado no es aleatorio ni pretende obtener una muestra representativa de la población. La calidad tendrá prioridad sobre la cantidad.

En el caso de esta investigación, la Universidad de Nariño en el municipio de Pasto (Nariño, Colombia) es la unidad de análisis y, los estudiantes de la licenciatura en Ciencias naturales y educación ambiental de los semestres VI, VIII y X son la unidad de trabajo como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Número de estudiantes participantes por cada semestre

Semestre	Número de estudiantes
Sexto semestre	29
Octavo semestre	13
Décimo semestre	14
Total	56

Fuente: Elaborada por los autores.

4.3 Instrumentos de recolección de la información

En la Tabla 4 se muestra los objetivos de la investigación y los instrumentos utilizados para su desarrollo.

Tabla 4
Objetivos de la investigación, instrumentos utilizados y fuentes

Objetivo	Fuente	Técnica e instrumento
Identificar los elementos curriculares relacionados con la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad en el programa de Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Nariño	Documentos curriculares: PEP y microcurrículos de Química I, Física I, II y III	Análisis documental Instrumento de recolección: rejilla de análisis
Establecer qué conceptos relacionan los estudiantes de la licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de Nariño con la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad	Estudiantes de sexto, octavo y décimo semestres	Cuestionario semiestructurado

Fuente: Elaborada por los autores.

Para el primer objetivo se llevó a cabo el análisis de los microcurrículos de Física y Química, con el objetivo de identificar indicadores sobre la enseñanza de la TC y la TR. Para constituir el análisis se elaboró una rejilla de análisis documental, como se muestra en la Tabla 5, que permitió organizar y describir sistemáticamente la información, teniendo en cuenta elementos de identificación como: institución, denominación del programa, facultad, nombre de la asignatura, semestre en las que se imparte, créditos, intensidad horaria. También se describe la estructura de la asignatura, como contenidos temáticos (teóricos y prácticos) y actividades, indicando si está dividida en módulos, unidades, temas, etc.

Se revisó la metodología que los profesores plantean, con el fin de identificar si se enfoca en clases magistrales, prácticas de laboratorio, trabajos grupales, entre otros. Igual está el componente de evaluación donde se describe los criterios y métodos utilizados para evaluar el desempeño de los estudiantes en la asignatura, incluyendo exámenes, trabajos prácticos, participación en clase, entre otros. Asimismo, se consideró la bibliografía propuesta en las asignaturas, considerando los libros, artículos y recursos didácticos.

Finalmente, se elabora un reporte del investigador sobre los resultados del análisis documental, destacando las fortalezas y debilidades encontradas en los microcurrículos respecto a la enseñanza de la TC y la TR, con el fin de poder contribuir en las actualizaciones curriculares necesarias en la formación de licenciados.

Tabla 5

Rejilla de análisis de microcurrículo de la licenciatura en Educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental

Institución	
Denominación del programa	
Facultad	
Nombre de la asignatura	
Semestre en el que se imparte	
Créditos	
Intensidad horaria	
Análisis curricular	Síntesis del investigador
Estructura de la asignatura	
Metodología que describe	
Unidades que estipula	
Evaluación
Bibliografía propuesta	
Relación con el perfil de licenciado	

Institución	
Denominación del programa	
Facultad	
Nombre de la asignatura	
Semestre en el que se imparte	
Créditos	
Intensidad horaria	
Análisis curricular	Síntesis del investigador
Estructura de la asignatura	
Metodología que describe	

Unidades que estipula		
Evaluación		
Bibliografía propuesta	
Relación con el perfil de licenciado		

Fuente: Elaborada por los autores.

En la Tabla 6 se aprecia las asignaturas de Física y Química que fueron sometidas a análisis documental; muestra la relación entre las asignaturas y sus respectivos microcurrículos de revisión.

Tabla 6
Asignaturas de Física y Química

Técnica	Área de Conocimiento	Teoría	Asignatura en el plan de estudios
Análisis documental con formato	Física	Relatividad	Física I
			Física II
			Física III
	Electivas	Relatividad - cuántica	Tecnociencia y contexto
	Química	Cuántica	Fundamentos de Ciencias naturales
			Química general

Fuente: Elaborada por los autores.

Para el segundo objetivo de la investigación se utilizó dos cuestionarios semiestructurados para establecer los conceptos relacionados con la TR y la TC. A continuación, se presenta las preguntas contempladas en los cuestionarios:

Cuestionario sobre Teoría Cuántica

¿Conoce algunos hechos que se relacionen con la crisis de la Física clásica?

¿Ha adquirido conocimientos sobre la teoría cuántica en su formación profesional?

¿Qué palabras asocia con cuántica?

¿Cómo explicaría el concepto de átomo?

¿Cómo explica el concepto de electrón?

¿Cómo explicaría el concepto de fotón?

¿Cómo explicaría el principio de incertidumbre de Heisenberg?

Cuestionario sobre Teoría de la Relatividad

Explique cuál es la diferencia entre un sistema de coordenadas y un sistema de referencia

Explique qué implica que un sistema de referencia sea inercial

Explique qué implica que un sistema de referencia sea no inercial

Explique qué significa que el espacio sea relativo

Explique por qué se podría afirmar que el tiempo es también relativo o este es absoluto

¿Por qué la masa de un objeto depende del movimiento de quien realiza la observación?

¿Por qué se afirma que los efectos de la relatividad son evidentes para velocidades próximas a la de la luz?

¿Ha adquirido conocimientos sobre la Teoría de la Relatividad en su formación profesional?

Estas preguntas fueron formuladas sin ninguna condición o sugerencia de respuesta y, presentadas en un orden aleatorio.

Para el análisis e interpretación de la información de los cuestionarios, se realizó un análisis basado en las respuestas de los participantes. Se utilizó un enfoque vertical, comparando las respuestas dentro de la misma sección y pregunta, con el objetivo de identificar conceptos, palabras, términos, expresiones o ideas similares y recurrentes. Estas tendencias permitieron cuantificar los temas abordados en cada sección.

4.4 Elementos conceptuales para el análisis e interpretación de la información

Para el análisis de la información se tomó dos elementos fundamentales:1) la amplitud conceptual, entendida como la capacidad de los docentes en formación para comprender, abarcar y explorar diversas ideas, perspectivas y conceptos relacionados con la TC y la TR. Esta, como artefacto para el análisis, permite ahondar en la capacidad de mirar más allá del concepto y, considerar y comprender ideas y perspectivas relacionadas con dichos conceptos. Por otra parte, desde ella se buscó también relacionar la capacidad de sintetizar y combinar ideas y conceptos afines con las TR y TC y establecer conexiones y patrones entre diferentes conceptos y saberes, de modo que permite analizar la comprensión más profunda de las teorías objeto de análisis, buscando en las respuestas de los estudiantes, el concepto, los conceptos integradores alrededor de las teorías y la construcción de explicaciones alrededor de cada concepto (Muñoz et al., 2021).

2) El segundo artefacto de análisis es la profundidad conceptual que, en esta investigación, se refiere a la capacidad de comprender y analizar los conceptos relacionados con la TC y la TR en profundidad, más allá de una comprensión superficial o básica; implica ir más allá de la información y los detalles conceptuales trabajados desde las diferentes asignaturas y, adentrarse en las ideas subyacentes, los principios fundamentales y las interrelaciones complejas que conforman el concepto (Muñoz et al., 2021). Como elemento de análisis, permite determinar que no solo se trata de repetir información o datos memorísticos, sino que también comprende la esencia, el contexto epistemológico, las aplicaciones y las implicaciones de las teorías.

Si bien, de antemano se tenía cierto conocimiento de que la TC y la TR no eran abordadas de manera formal y sistemática en la licenciatura, se buscó determinar si estas teorías habían sido aprendidas en diferentes escenarios tanto académicos como cotidianos y, al buscar la profundidad conceptual, se buscó una mentalidad analítica y crítica, así como habilidades relacionadas con el pensamiento crítico.

Se entiende que para desarrollar la profundidad conceptual es necesario explorar un tema desde múltiples perspectivas; tanto la TC como la TR no solo pueden ser abordadas formalmente en las asignaturas de Química y Física, sino que pueden serlo en diversos escenarios de aprendizaje; por tanto, se buscó cuestionar suposiciones de docentes en formación, hacer conexiones con otras áreas de conocimiento y reflexionar sobre el significado y las implicaciones; de ahí que, hablar de profundidad conceptual implica la capacidad de sintetizar información, identificar patrones y tendencias y, aplicar el conocimiento de manera creativa y crítica (Waldegg, 2002)

Se considera en esta investigación y, con relación al conocimiento profesional docente, que la profundidad conceptual es especialmente valiosa, pues apunta a comprender las relaciones entre diferentes conceptos y a aplicar ese conocimiento para abordar desafíos y encontrar soluciones, en este caso, a situaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje. Desarrollar la profundidad conceptual es fundamental para una comprensión más sólida y significativa del mundo que nos rodea.

Resultados del análisis documental

Con el fin de alcanzar el objetivo de conocer qué tantos elementos de la teoría cuántica y de la teoría de la relatividad se había abordado en el proceso de formación de los futuros licenciados, se consultó los documentos curriculares del programa. Es importante enfatizar que no existen asignaturas específicas para esta temática. Por lo tanto, se analiza de manera general, los contenidos programáticos de las asignaturas de Física y Química, para deducir contenidos relacionados con las teorías motivo de la investigación.

- Química
 - Química general
 - Química orgánica
 - Bioquímica
- Física
 - Física I
 - Física II
 - Física III
 - Biofísica

El plan de estudios, de manera general, está conformado por cinco componentes, como lo exige la Resolución No. 18583 de 2017 del MEN, a saber: fundamentación, pedagogía, didáctica, disciplinar y la práctica pedagógica.

El componente de fundamentación es un componente transversal, flexible, que se trabaja interdisciplinariamente para todos los programas de la Universidad de Nariño. Se trabaja temas relacionados con formación del pensamiento crítico, el conocimiento de la historia política de Colombia, algunos elementos culturales, entre otros.

El componente pedagógico corresponde a la formación para construir y utilizar conocimientos pedagógicos que permitan reconocer cómo se aprende, conocer las corrientes pedagógicas y, las formas de evaluación de los estudiantes. Forman parte de este componente, asignaturas como: Desarrollo socioafectivo, Pedagogía, cognición e inclusión, Historia de la educación colombiana, Epistemología de la pedagogía, Teorías y prácticas de evaluación y, algunas asignaturas relacionadas con la administración y gestión de la institución educativa.

En el componente de Práctica Pedagógica se articula el sistema que en la licenciatura se ha denominado 'Práctica Pedagógica Integral e Investigativa', una asignatura que se trabaja en los diez semestres y que tiene como objetivo, introducir a los estudiantes en la profesión docente, la formación en investigación -se construye el trabajo de grado, que corresponde al ejercicio de investigación de un problema del contexto de la práctica pedagógica; además, es el espacio de desarrollo de la práctica pedagógica que se lleva a cabo en alguna institución educativa del departamento, existiendo para ello, convenios que así lo permiten.

El componente de didáctica de las Ciencias naturales y educación ambiental corresponde al espacio de formación específico para la enseñanza de las ciencias y la educación ambiental; se trabaja desde teorías didácticas, el conocimiento profesional docente, estrategias didácticas, creación de ambientes de aprendizaje, para mencionar algunas. El enfoque de este componente es integrativo, para configurar el conocimiento didáctico del contenido.

En el componente disciplinar, de acuerdo con el proyecto educativo del programa de licenciatura en Ciencias naturales y educación ambiental, son las ciencias naturales (Física, Química, Biología y algunas de sus ramas) y la Educación ambiental, las que conforman este componente; por tanto, el análisis documental se hace en este ámbito, descartando las asignaturas que están en el marco de la educación ambiental, aunque estas tienen un peso importante en el plan de estudios.

A continuación, se presenta el reporte del componente disciplinar, específicamente en lo relacionado con Física y Química. Si bien, inicialmente se hace un barrido general, en su momento se especifica en las asignaturas más pertinentes a las teorías de la relatividad y cuántica.

En el componente correspondiente a los saberes de química, se aprecia solamente tres asignaturas: Química general, Química orgánica y Bioquímica. Al analizar los microcurrículos de cada una, se estableció que los contenidos referenciados para cada asignatura son pertinentes por el enfoque requerido. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, al tratarse de la formación de docentes de ciencias, los contenidos no pueden ser básicos o generales; por el contrario, la formación disciplinar es fundamental desde la perspectiva de construcción de un conocimiento didáctico del contenido.

Dentro de los saberes y conocimientos requeridos, está justamente el de la disciplina o el saber de la materia (Shulman, 1986). Es fundamental tener un dominio sólido del contenido que se va a enseñar. Conocer las generalidades no es suficiente; el maestro, a la hora de desarrollar la explicación de un tema, hace uso de un sinnúmero de recursos cognitivos, ejemplos, analogías, comparaciones que, si no corresponden a los saberes, pueden generar confusiones, carencias conceptuales o errores. Esto implica una comprensión profunda de la materia y la capacidad de explicarla de manera clara.

Por lo que se ha visto en los resultados descritos en esta investigación, solamente dos asignaturas contemplan el saber de la Química: la Química general y la Química orgánica, lo cual pudiera no ser suficiente para generar herramientas conceptuales necesarias para un docente de Ciencias naturales.

La primera asignatura corresponde a la Química inorgánica que, a su vez, puede ser asumida como una química general. Si bien los contenidos descritos en los microcurrículos son pertinentes y adecuados, por ser la única asignatura que debería abordar conceptos generales de materia, estructura de la materia, tabla periódica, enlace químico, nomenclatura, soluciones, cálculos químicos, entre otros, con una intensidad horaria de tres horas teóricas y dos horas prácticas o de laboratorio semanales, no es suficiente para construir lo que se ha denominado amplitud y profundidad conceptual.

En este punto cabe resaltar el tiempo en el que son tomadas las asignaturas, el cual debe ser prudencial para alcanzar a abordar con eficiencia las temáticas. En los microcurrículos, que son los documentos de planeación que los docentes presentan antes de iniciar el curso y en el que describen las temáticas, no se evidencia que la unidad referente a estructura de la materia se trabaje desde la base conceptual de la TC. Al diligenciar el instrumento de análisis documental en esta asignatura, no se observó ninguna evidencia que demuestre que en esta u otra unidad se hiciera referencia a ella.

La química orgánica, como tema de enseñanza, también tiene un tiempo determinado por el átomo de carbono, los compuestos y funciones químicas, puesto que, no solamente se requiere trabajar única y exclusivamente nomenclatura, reacciones, formas de obtención. La química orgánica que, generalmente se trabaja en el grado decimoprimer dentro de la educación secundaria, es un requerimiento conceptual importante para la comprensión de saberes de todas las ciencias; permite la explicación de los fenómenos naturales y el uso comprensivo del conocimiento científico; tiene como fundamento, un saber disciplinar profundo (Barba, 2018). En los microcurrículos de esta asignatura no se halla ninguna referencia a la estructura de la materia o a la TC y, si bien tiene un enfoque diferente, la hibridación del átomo de carbono y la teoría de enlace pudiera ser un espacio para articular conceptos de la teoría cuántica.

Para las asignaturas relacionadas con Física, se usó la rejilla de análisis, enfocada a buscar elementos conceptuales relacionados con la TR. Se aprecia que en la Física I y II se trabaja conceptos relacionados con la física clásica, tales como conceptos generales de movimiento, movimiento rectilíneo

uniforme, movimiento parabólico, movimiento circular uniforme, conceptos básicos de óptica, electricidad y, en la Física III se aborda temáticas relacionadas con electromagnetismo, por ejemplo, pero tampoco se hace referencia a la TR.

Una tercera opción que se consideró para análisis, correspondió a los microcurrículos de una asignatura electiva que tiene como objetivo, trabajar temas de actualización en ciencias; sin embargo, al corresponder a una asignatura electiva, hace falta que los docentes incluyan estos temas, pues tampoco se encuentra alusión a la TC o TR. Una revisión en la red muestra la carencia de cursos, escasez de estrategias de enseñanza o de material didáctico para la enseñanza de estas teorías.

5.1 Resultados específicos por pregunta

En este apartado se presenta los resultados y análisis de los cuestionarios mencionados; en un primer momento se relaciona las preguntas abordadas en teoría cuántica. Frente a la pregunta: ¿Conoce algunos hechos que se relacionen con la crisis de la física clásica? a continuación, se aprecia la Figura 4, como resultante:

En esta pregunta se espera que los estudiantes relacionen los siguientes hechos:

- El efecto fotoeléctrico
- La radiación del cuerpo negro
- Los espectros atómicos y
- La inestabilidad del átomo de Rutherford.

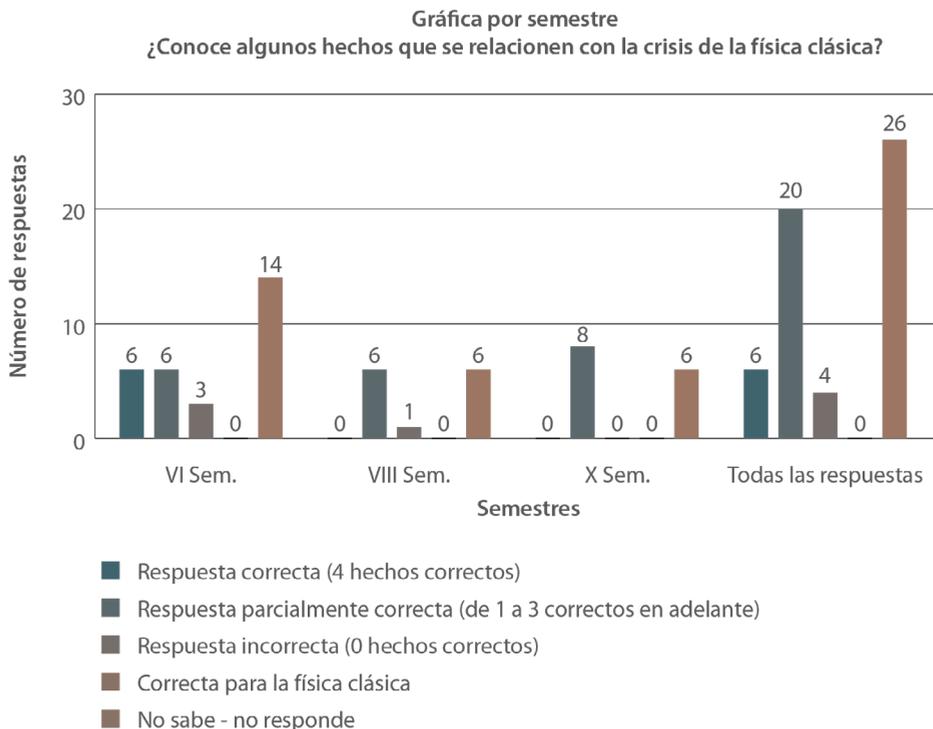


Figura 4. Respecto a la pregunta: *¿Conoce algunos hechos que se relacionen con la crisis de la física clásica?*

Fuente: Elaborada por los autores.

De los resultados que se observa en la Figura 4 se puede concluir que, aproximadamente el 50 % de los docentes en formación no sabe o no responde la pregunta. De igual manera, un 41 % enuncia respuestas parcialmente correctas; es decir, aquellas respuestas que relacionan dos o tres de los cuatro hechos que configuran la crisis de la física clásica. Llama la atención que en el VIII y X semestres no hay respuestas correctas, por lo que se infiere que no se abordó el tema en ninguna de las asignaturas correspondientes a estos semestres, contrario a lo que algunos docentes en formación de VI semestre enuncian que conocen de estos hechos por la asignatura de Epistemología e Historia de las ciencias naturales.

La pregunta ¿Conoce algunos hechos que se relacionen con la crisis de la física clásica? tiene especial relevancia, por cuanto se busca no solo establecer hechos históricos relacionados con el desarrollo científico, sino asumir el quiebre epistemológico que representa la TC. Es así como el efecto fotoeléctrico se constituye en uno de los puntos de quiebre entre la física clásica y la física cuántica ya que, al contradecir experimentalmente lo predicho por la teoría electromagnética y la explicación dada por Einstein con el uso de los quantums de Planck (Solbes y Sinarcas, 2010; Solbes, 2018), se pone de manifiesto los límites de la explicación científica, por cuanto esta explicación hecha por Einstein en 1905, realmente posicionó la hipótesis de Planck como punto de partida de una nueva teoría: la Teoría Cuántica (Petrucci et al., 2011).

Las respuestas que los docentes en formación enuncian no permiten evidenciar amplitud conceptual, pues no se especifica estos cuatro hechos experimentales que generaron una crisis en el desarrollo científico a inicios del siglo XX. Por otra parte, tampoco se podría hablar de profundidad conceptual, por cuanto esta pregunta tiene una importancia epistemológica al relacionar estos hechos con una crisis en el poder explicativo de la ciencia; más allá del desarrollo histórico, es posible relacionar la naturaleza de la ciencia, desmitificar la idea de ciencia todopoderosa, que explica con precisión y exactitud todos los fenómenos. Asumir este quiebre es relevante no solo en el plano de la historia de las ciencias, sino como un elemento diferenciador de la TC, al ser esta contra-intuitiva y ofrecer un nuevo paradigma para explicar la naturaleza.

Ahora bien, respuestas como: *“En la física clásica se sufrió una crisis cuando las teorías planteadas no pudieron explicar el efecto fotoeléctrico, espectros atómicos e inestabilidad del átomo de Rutherford”*, permiten establecer una adecuada amplitud conceptual, pues en ellas se relaciona tres de los cuatro hechos que marcaron dicha crisis; no obstante, no es posible hablar de profundidad conceptual, dado que no se hace relación a la naturaleza de la ciencia ni a las implicaciones epistemológicas que de esto se deriva (Muñoz et al., 2022).

Por otra parte, respuestas como: *“El hecho más importante relacionado con la crisis de la física clásica que conozco, es que no podía explicar algunos fundamentos, considerando que la Tierra era el centro del universo”*, dejan ver que no hay amplitud ni profundidad conceptual. Por el contrario, si bien se hace referencia a un quiebre epistemológico importante para el desarrollo científico de la humanidad al hablar de geocentrismo y su paso al heliocentrismo, este no hace referencia a la física clásica como tal. El quiebre epistemológico que este cambio paradigmático representa es esencial, por cuanto el heliocentrismo iba en contra de la cosmología y metafísica aristotélica y cristiana (Duque-Escobar, 2021), implicando un quiebre en el pensamiento, pero no se responde la pregunta.

Tampoco es posible hablar de amplitud y de profundidad conceptual en respuestas como: *“El experimento de la doble rendija, invención de la bomba atómica, teoría de la relatividad”*; se evidencia una confusión significativa entre aplicaciones de la TC y una teoría diferente que no tiene la misma base epistemológica como lo es la TR.

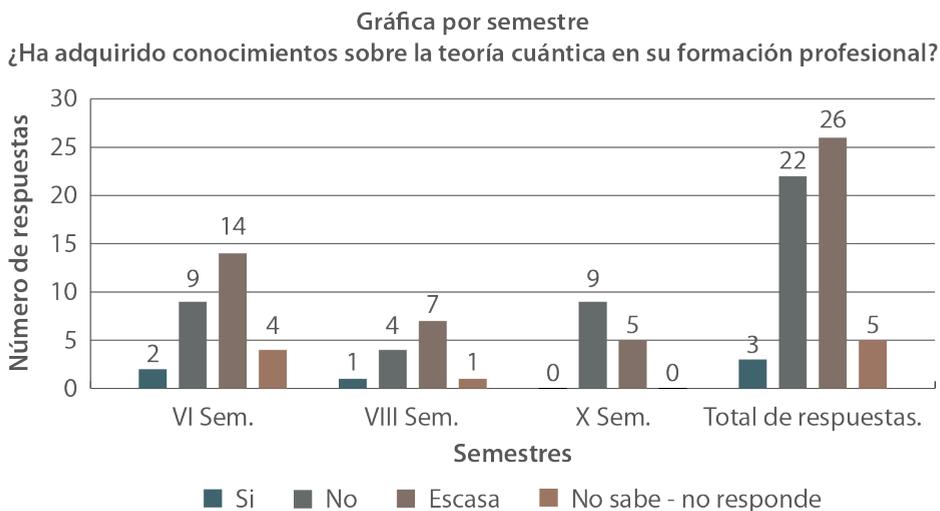


Figura 5. Respecto a la pregunta: *¿Ha adquirido conocimientos sobre la teoría cuántica en su formación profesional?*

Fuente: Elaborada por los autores.

Como se observa en la Figura 5, un porcentaje significativo de los estudiantes (42 %) afirma no haber recibido formación en lo relacionado con la TC; un 35 % sostiene que la formación al respecto fue escasa; solo un 4,8 % afirma haber recibido formación. Esta situación, entre otras, justifica el desarrollo de la investigación, dado que la TC es la base teórica fundamental para el aprendizaje tanto de conceptos fundantes de la física como de la química y permite explicar adecuadamente aspectos relacionados con la estructura de la materia.

En consecuencia, es urgente que en la formación de docentes de ciencias naturales se aborde esta teoría y los estudiantes puedan adquirir realmente herramientas conceptuales necesarias para explicar aspectos fundamentales tanto de la química como de la física. La necesidad de abordar esta temática en la formación docente se hace más relevante, toda vez que en la educación secundaria este tema no se aborda. Esta situación ha sido ampliamente expuesta a través de investigaciones tanto en el campo nacional como local. Si en la educación secundaria este tema no es trabajado, es perentorio que en la formación de docentes se trabaje, pues uno de los principales motivos por los que no se aborda es que los maestros de secundaria no han recibido esta formación. Si la idea es romper prácticamente este ciclo, los maestros de ciencias naturales y educación ambiental deberán tener dicha preparación.

Esta pregunta tiene como objetivo, conocer la percepción de los estudiantes frente al abordaje de la TC. En este sentido, quienes afirman haber tenido dicha formación, la han tenido en materias no relacionadas con Física o Química, sino en Epistemología de las Ciencias naturales, que es una asignatura de cuarto semestre, pero cuyo abordaje fue tangencial.

Se esperaba que los docentes en formación pudieran relacionar palabras tales como átomo, electrón, fotón, niveles de energía, relaciones de indeterminación (o en su defecto, principio de incertidumbre), mencionar algo relacionado con dualidad, onda, partícula, entre otros o, incluso, superposición, entrelazamiento o coherencia.

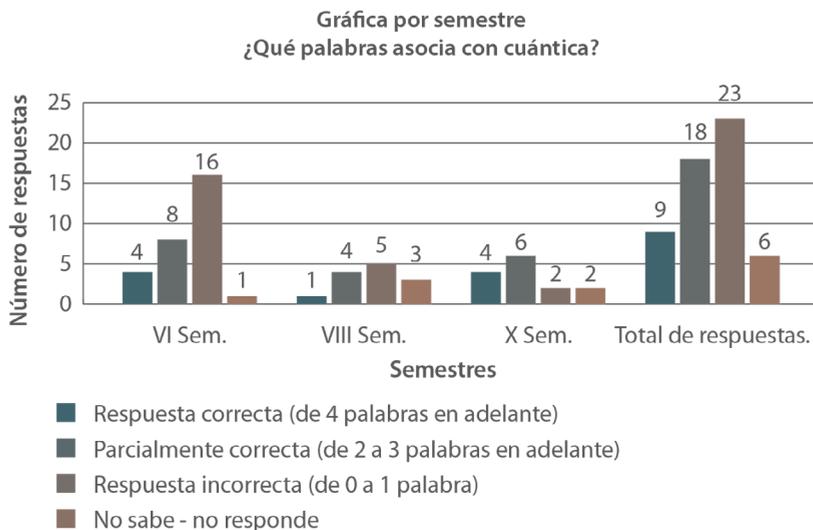


Figura 6. *Respecto a la pregunta: ¿Qué palabras asocia con cuántica?*

Fuente: Elaborada por los autores.

Como se evidencia en la Figura 6, el 41 % responde de manera incorrecta. Las respuestas denotan una asociación de la palabra cuántica como valor, magnitud, cuantía o número. Estas respuestas se dan más por asociación en las raíces de la palabra, que por elementos conceptuales propios de los estudiantes del programa (Muñoz-Burbano, 2020). Las respuestas que son parcialmente correctas están relacionadas con conceptos e información que se puede obtener a través de las redes o incluso de series de televisión y películas especialmente aquellas que tienen como base la ciencia ficción.

Esta pregunta, tomada de instrumentos desarrollados en otras investigaciones (Sinarcas y Solbes, 2013; Muñoz-Burbano et al., 2020), tiene como objetivo, determinar qué tanto se conceptualiza la TC, con qué conceptos se relaciona, y con qué elementos del contexto se puede generar algún tipo de conexión. Además, desde las respuestas enunciadas por los docentes en formación, también es posible, de alguna manera, relacionar el origen de sus conocimientos al respecto.

Desde este contexto, llama mucho la atención el tipo de respuestas que, no necesariamente corresponde al plano de la explicación de la estructura de

la materia o de física o química, sino más bien, a hechos relacionados con contextos diferentes a la escuela. Con respecto a las respuestas que aparecen como correctas, estas están encaminadas a la estructura de la materia, palabras que no precisamente son trabajadas en los procesos de formación escolar básica o en la educación superior, tales como fotón y átomo, sino que son, mejor, producto de conocimientos adquiridos en otros contextos.

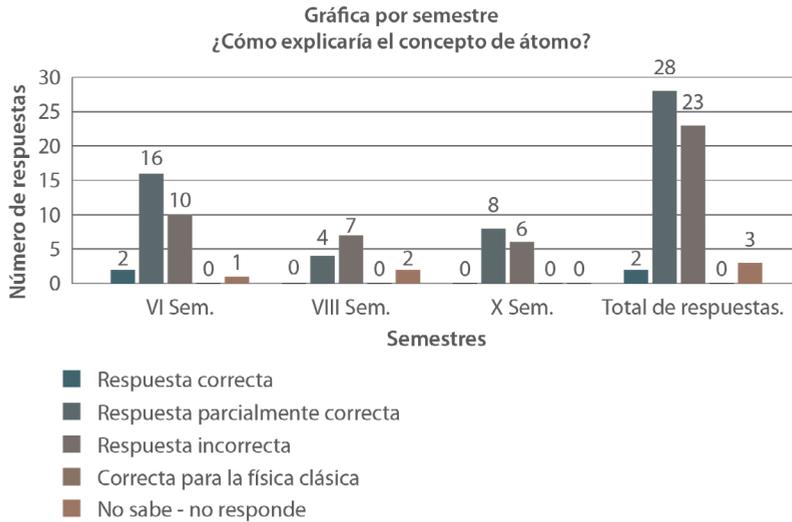


Figura 7. Respecto a la pregunta: *¿Cómo explicaría el concepto de átomo?*

Fuente: Elaborada por los autores.

Como respuesta a esta pregunta, se esperaría que los estudiantes pudieran relacionar al átomo como una unidad fundamental de la materia, una unidad con comportamiento nuevo que involucra propiedades de partícula y onda, que se describe desde la ecuación de onda, básicamente.

La Figura 7 muestra que el 41 % de los encuestados no puede dar respuesta a esta pregunta, que sería una pregunta básica para un docente en formación en Ciencias naturales. El átomo es un concepto fundamental e integrador de las ciencias naturales, razón por la cual es necesaria una adecuada fundamentación teórica y conceptual. Ahora bien, solo un 4 %, aproximadamente, da una respuesta correcta, situación, claro está, preocupante. Respecto al 50 % que da respuestas parcialmente correctas, es

igualmente inquietante, más aún si se tiene en cuenta que estas respuestas están en el plano de las explicaciones clásicas.

Tanto la anterior pregunta como las que a continuación se describe y analiza, están fundamentadas en el marco teórico de la investigación desde el conocimiento didáctico del contenido; es decir, el conocimiento de un tema para su enseñanza; por tanto, se pregunta no el concepto, sino cómo este concepto sería abordado en una determinada explicación.

Para explicar el átomo que, como ya se mencionó, es un concepto integrador y primario tanto de la química como de la física, se esperaba que los docentes en formación pudieran acuñar elementos teóricos de la TC. Se esperaba entonces, que los DF relacionen la idea de átomo, no como partícula, sino de un objeto cuántico (un objeto nuevo, con comportamiento nuevo) en el que se puede establecer dos partes fundamentales: núcleo, con la presencia de dos tipos de objetos cuánticos en el foco, que son los protones y neutrones y, en la periferia donde están los electrones. A este respecto, se nota confusiones conceptuales relevantes, como se percibe en la Figura 8.

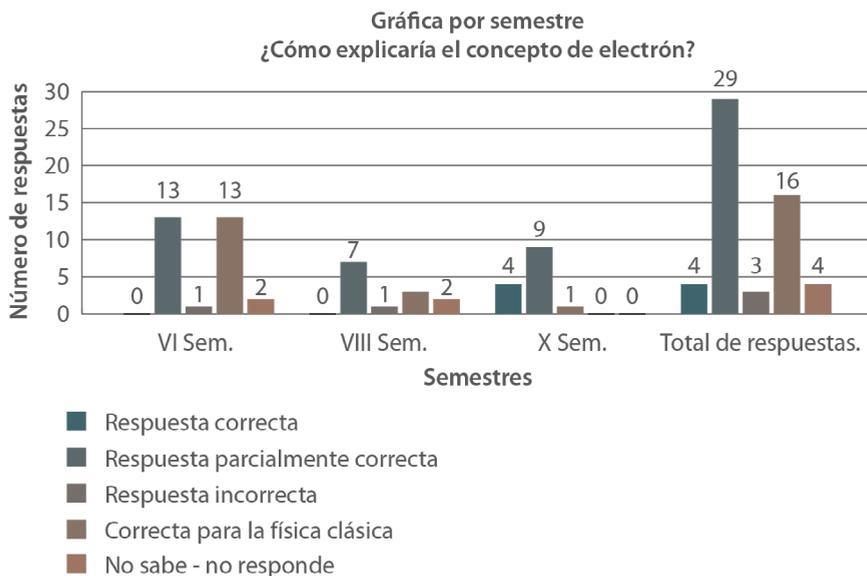


Figura 8. Respecto a la pregunta: ¿Cómo explica el concepto de electrón?

Fuente: Elaborada por los autores.

Los criterios establecidos como referencia a esta pregunta eran considerar al electrón como un componente del átomo, uno de los objetos cuánticos que presenta un comportamiento diferente que involucra propiedades de partícula con carga negativa y onda, cuya velocidad y posición no puede medirse con precisión y simultaneidad.

La Figura 8 indica que en los semestres en los que se aplicó la encuesta hay un número significativo de estudiantes -51 %- que genera una respuesta parcialmente correcta para la física cuántica, aunque solo en el décimo semestre es posible ubicar respuestas correctas desde la TC; es decir, que lo conceptualizan como un objeto cuántico con carga negativa.

Dada la naturaleza de la pregunta, fue necesario determinar una categoría emergente, pues hay respuestas, que corresponden a un 28,5 % de la muestra, que se podría clasificar como correctas desde la perspectiva clásica; esto es, se trata de una partícula subatómica con carga negativa. Se consideró entonces útil hacer claridad en este aspecto, por cuanto los docentes en formación desarrollan este concepto en su práctica pedagógica tanto en la educación básica como media. Es decir, se trabaja el concepto de electrón, incluso desde la educación básica primaria en las temáticas relacionadas con la estructura de la materia.

El concepto de electrón es otro de los conceptos que en esta investigación se ha considerado como integrador y fundante, a razón que desde el estudio del electrón se vincula las propiedades cuánticas a la estructura de la materia. Las respuestas obtenidas para este punto son las que, de alguna manera se esperaba puesto que, como se expuso anteriormente, los docentes en formación manifestaron no tener preparación en lo relacionado con la TC o, esta es demasiado escasa. Asumir el electrón como un objeto nuevo con nuevo comportamiento (Feynman y Leighton, 1987) permite clarificar luego otros elementos conceptuales ligados a la estructura de la materia desde la TC, tales como las relaciones de indeterminación y comportamiento dual de los objetos cuánticos, así como la necesidad de entender una perspectiva renovada en la explicación de la materia y sus propiedades.

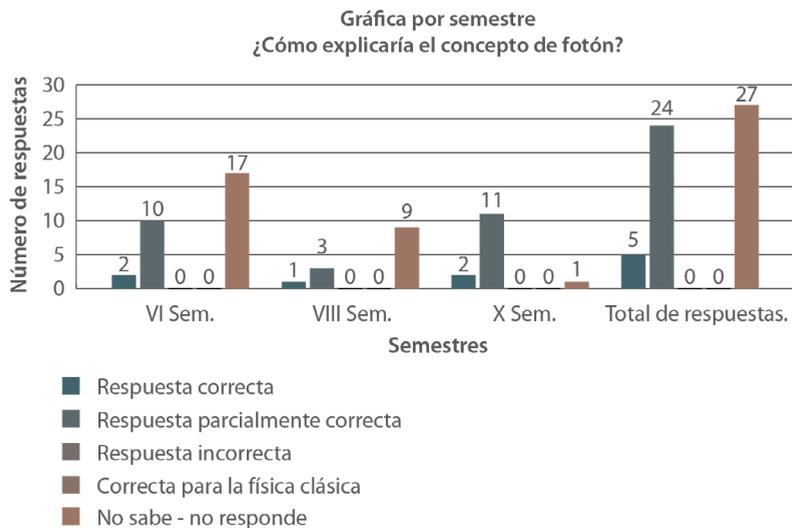


Figura 9. Respecto a la pregunta *¿Cómo explicaría el concepto de fotón?*

Fuente: Elaborada por los autores.

La respuesta esperada para esta pregunta estaría relacionada con describir el fotón como una unidad cuantizada de energía electromagnética o, de forma más simple, una unidad que, pese a no presentar masa, se comporta como una partícula, sin dejar de presentar propiedades ondulatorias.

La Figura 9 muestra un porcentaje significativo de 48 % de estudiantes que no saben o no responden a la pregunta, igual que en la pregunta anterior; este resultado corresponde a la falta de formación y preparación en conceptos cuánticos que han indicado los docentes en formación. Conviene aclarar que este concepto no solamente puede ser abordado desde la estructura atómica de la materia, sino que puede ser trabajado desde elementos conceptuales relacionados con Física. De ahí la preocupación que se genera al comprobar un porcentaje tan alto de desacierto de respuesta, como lo es 'No sabe - no responde'.

Por otra parte, un porcentaje muy similar se obtuvo en 'Respuesta parcialmente correcta', que básicamente podría considerarse en una conceptualización de dominio general, pues la descripción que se hace se relaciona a 'Partícula de luz'. Esta respuesta puede tomarse como parcialmente correcta,

por definiciones en las que se describe de esta manera, incluso en libros de texto; sin embargo, es claro que no se asocia el fotón como objeto cuántico; es decir, un comportamiento nuevo, lo que lo ubica como un objeto con una nueva descripción.

Por último, hay un 8 % de respuestas que interrelacionan al fotón como un objeto cuántico, lo que indica una dificultad conceptual en este aspecto respecto al fotón, el cual no solamente corresponde a un concepto fundamental para la física, sino también dentro de la estructura de la materia.

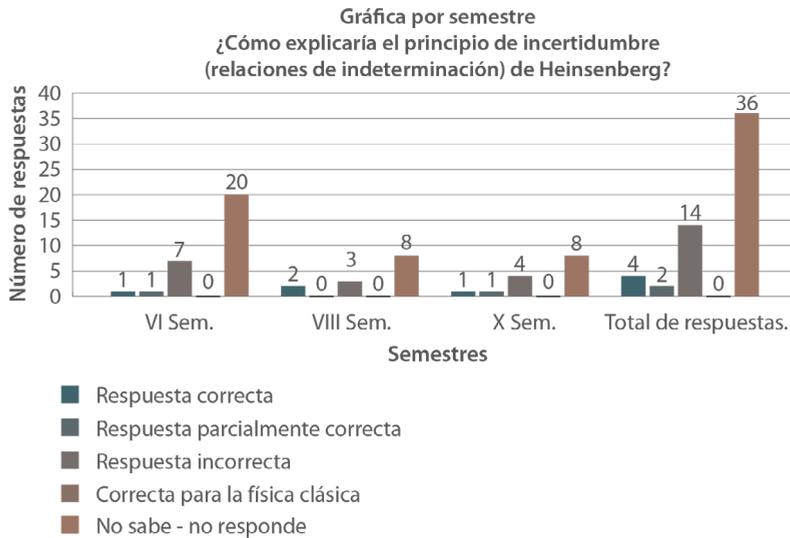


Figura 10. *Respecto a la pregunta ¿Cómo explicaría el principio de incertidumbre de Heisenberg?*

Fuente: Elaborada por los autores.

Si bien se preguntó por “principio de incertidumbre” y no por relaciones de indeterminación, por ser la primera una terminología ampliamente difundida no solo entre los docentes sino también en los libros de texto (Muñoz-Burbano et al., 2020), se esperaba que los docentes en formación pudieran explicar este concepto como una propiedad conjugada, lo cual implica la imposibilidad de determinar de forma precisa y simultánea la velocidad y posición de un objeto cuántico. También, podría hacerse relación

a que, velocidad y posición no son las únicas propiedades conjugadas, sino que se aplica igualmente a la energía y el tiempo.

La Figura 10 muestra que el 64 % de los docentes en formación no saben o no responden a la pregunta en cuestión, situación que resulta preocupante, en la medida en que el porcentaje se mantiene en los tres semestres muestrales. De igual manera, es un mal indicador que exista apenas un 7 % de respuestas correctas. Se utilizó la expresión ‘principio de incertidumbre de Heisenberg’, puesto que esta es la que normalmente se utiliza tanto en libros de texto como en explicaciones ofrecidas por algunos docentes. Aparte de relacionar el principio de incertidumbre, los estudiantes no pueden o no saben explicar esta temática.

Las relaciones de indeterminación de Heisenberg, que han sido denominadas ‘principio de incertidumbre’ y que ampliamente se ha explicado que esta no es una denominación correcta (Solbes, 2018; Muñoz-Burbano et al., 2019), son también un concepto cimiento dentro de aquellos relacionados con la estructura atómica de la materia desde la base conceptual requerida de la TC. El hecho de que solo un 7 % de las respuestas esté en el rango de lo correcto, permite inferir que este es el tema con menor rango de conocimiento entre los estudiantes y, por lo tanto, una carencia disciplinar.

Si los docentes en formación no abordan esta temática en su proceso, muy difícilmente podrán desarrollarlo en su práctica pedagógica. Como se ha descrito, este tipo de carencias conceptuales no solamente genera un desconocimiento de la TC a la hora de abordar la estructura de la materia, sino que además se construye explicaciones escasas, limitadas, basadas solamente en descripciones cronológicas alrededor de los modelos atómicos (Sinarcas y Solbes, 2013; Muñoz-Burbano et al., 2020).

5.2 Resultados y análisis de información: teoría de la relatividad

Aunque los primeros ítems corresponden en mayor medida a la cinemática y dinámica clásicas (lo que podría explicar los mejores resultados), son conceptos necesarios para abordar la relatividad, por eso son incluidos en el cuestionario. Cuando se desea estudiar un evento en la naturaleza, se debe preguntar cuándo y dónde este sucede. El suceso ocurre en un punto del

espacio y en un instante de tiempo; así, este estará completamente descrito, indicando lo que ocurrió en distintos puntos del espacio y en instantes sucesivos del tiempo. Medidas de posición y de tiempo requieren el uso de sistema de coordenadas y sistemas de referencias.

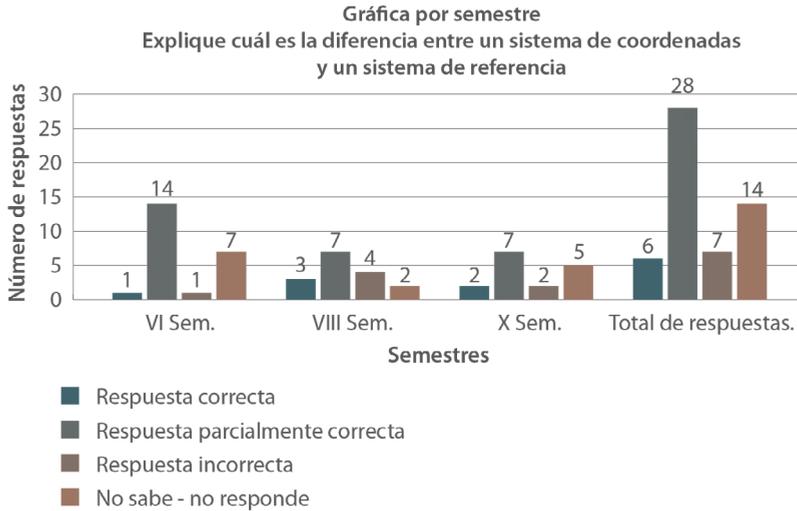


Figura 11. *Respecto al argumento: Explique cuál es la diferencia entre un sistema de coordenadas y un sistema de referencia*

Fuente: Elaborada por los autores.

Para lograr una descripción cuantitativa de la posición de una partícula, se selecciona un punto conveniente del espacio como el origen, y se especifica la posición de la partícula relativa a él. Para este fin, se debe imaginar una red de líneas alrededor del origen, como si ellas formaran un papel cuadrículado; la posición de la partícula se determina por medio de coordenadas que se lee de este papel. El sistema de coordenadas más común es el rectangular, pero, dependiendo de la simetría que caracteriza el problema, se puede utilizar distintos sistemas de coordenadas, como, cilíndricas o esféricas (Ricci, 2000).

El movimiento de un cuerpo visto por un observador depende del referencial en el cual el observador se encuentra localizado. Cuando se determina la posición de una partícula con relación a algún origen, se realiza una medida relativa, ya que las coordenadas del punto que localiza la partícula

dependen de la elección del origen y del sistema de coordenadas utilizado. La escogencia del punto y la selección del sistema de coordenadas se efectúa convenientemente.

Para describir el movimiento de una partícula se requiere de la posición y el instante de tiempo asociado a esta posición. El tiempo se fija utilizando un sistema de relojes sincronizados y localizados de manera regular a través de la red. Cuando la partícula pase por un punto de la red, las coordenadas identificarán la posición de la partícula en el espacio y el reloj cercano registrará el tiempo correspondiente. Un observador equipado con un metro y un cronómetro constituye lo que se denomina un 'sistema de referencia' (Einstein, como se cita en Blanco, 2017). Así, un sistema de referencia es un sistema de coordenadas más una escala de tiempo. Al igual que el sistema de coordenadas, la elección del sistema de referencia se realiza de manera apropiada (Silva, 2011).

Un sistema de coordenadas se interpreta como un conjunto de valores y puntos que permiten especificar de manera única la posición de cualquier punto en el espacio, que identifica y caracteriza una partícula o un evento con respecto a un origen de referencia.

Un sistema de referencia es un sistema de coordenadas más un conjunto de relojes con el cual un observador deberá estar equipado.

Con la anterior pregunta se pretende obtener información sobre si el estudiante entiende los elementos que caracterizan un sistema de coordenadas y la diferencia que existe con la interpretación que se da de un sistema de referencia. Se desea que se comprenda que estos elementos no son únicos y que la escogencia va a depender del tipo de observaciones que se está realizando. En esta pregunta se espera que se comprenda que una medida depende del observador, quien es el que termina estableciendo el sistema de referencia.

Frente a la argumentación: Explique cuál es la diferencia entre un sistema de coordenadas y un sistema de referencia, los resultados presentados en la Figura 11 permiten establecer que un 51 % de las respuestas se aproxima a los resultados deseados, en tanto que un 25 % se encaja en el criterio de

no sabe o no responde, por lo cual es posible afirmar que el sexto semestre presenta una alta tasa de acierto, lo que podría reflejar los conocimientos adquiridos en los primeros cursos de física impartidos a los estudiantes.

Entre las respuestas parcialmente correctas es posible visualizar un cierto nivel de profundidad conceptual, ya que permiten entender el significado de un sistema de coordenadas, al asociarlo con un elemento geométrico que permita caracterizar algún evento que se está observando, por unas coordenadas para caracterizar el lugar donde este ocurre.

No obstante, la profundidad conceptual no se evidencia al analizar las respuestas, ya que los estudiantes no comprenden que no existe una manera única de caracterizar estas observaciones; en consecuencia, al realizar observaciones y medidas, se requiere no solo de coordenadas para caracterizar el lugar donde un evento ocurre, sino también, de introducir relojes que permitan caracterizar cuándo dicho evento acontece.

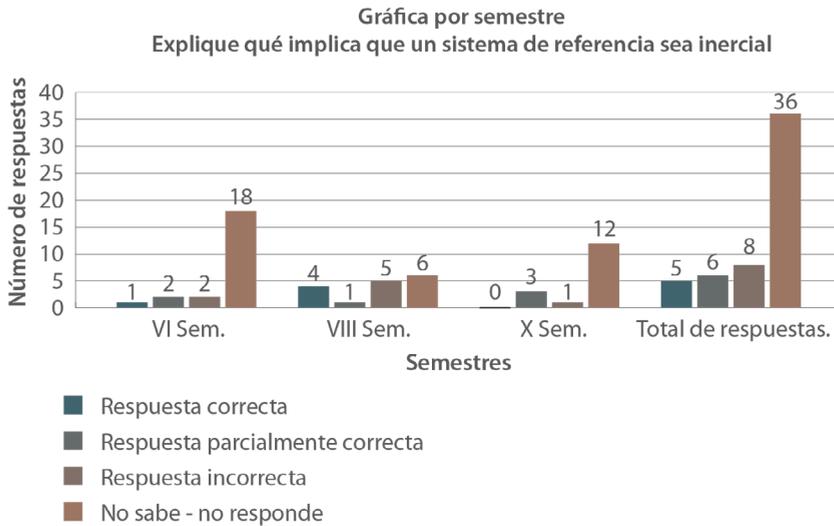


Figura 12. Respecto a la argumentación: Explique qué implica que un sistema de referencia sea inercial

Fuente: Elaborada por los autores.

Justificación: las leyes de Newton están relacionadas con la elección del sistema de referencia y no se cumplen sino en un cierto tipo de sistemas especiales. Si la ley se satisface en un cierto sistema de referencia, esta no se va a cumplir en un sistema que posea un movimiento acelerado con relación al primero. Por ejemplo, en el sistema de referencia de la Tierra, una bola en reposo sobre la calle se mantendrá en reposo; ahora, para un sistema de referencia montado sobre un camión que se acelera, la bola que inicialmente se encuentra en reposo en la plataforma del camión, adquirirá una aceleración espontánea hacia atrás del camión, cuando este se mueva en consecuencia de la primera ley de Newton (De Souza Wolff y Mors, 2005).

Los sistemas de referencia en los cuales se cumplen las leyes de Newton, son denominados 'sistemas de referencia inercial'. Así, el sistema de referencia sobre la Tierra es inercial, pero no el del camión, que posee un movimiento acelerado. Ahora, si un sistema de referencia es inercial, algún otro sistema de referencia en movimiento uniforme relativo al primero también será inercial; por tanto, dos sistemas de referencia inerciales difieren por una velocidad relativa constante. Esto implica que una medida de aceleración con respecto a un sistema de referencia inercial es absoluta: cuando una partícula posee una aceleración en un sistema de referencia inercial, la partícula tendrá exactamente la misma aceleración en algún otro; sin embargo, si la velocidad de la partícula es relativa, la velocidad está relacionada por la regla de adición de velocidades.

La Tierra es aproximadamente un marco de referencia inercial; no es completamente inercial debido a pequeñas aceleraciones de la superficie, debido a su rotación y a su movimiento alrededor del Sol; no obstante, tales efectos son muy pequeños. El valor numérico de la aceleración centrípeta de un punto sobre la superficie de la Tierra es del orden de 10^{-2} en el ecuador y esta puede considerarse despreciable. Ahora, la aceleración centrípeta debido al movimiento de la Tierra alrededor del Sol es aún más pequeña; aproximadamente, 10^{-8} , de manera que, como una buena aproximación, un sistema de referencia montado sobre la superficie de la Tierra es un buen sistema de referencia inercial. El concepto de sistema de referencia inercial es fundamental, porque las leyes de Newton son válidas solo en estos sistemas (Damasio y Ricci, 2009).

Respuesta: un marco de referencia inercial es aquel en el que son válidas las leyes de Newton. Si ninguna fuerza actúa sobre un objeto, un sistema de referencia con respecto al cual la aceleración del objeto es cero se denomina un sistema de referencia inercial. En un sistema de referencia inercial, un cuerpo en reposo se mantiene en reposo y, un cuerpo en movimiento continúa moviéndose a velocidad constante, a menos que actúe sobre él una fuerza externa.

Expectativa: se esperaría que los docentes en formación pudieran relacionar el sistema de referencia inercial como aquel que se encuentra en reposo o se mueve con velocidad constante; un sistema en el cual se cumple con las leyes de Newton. Este punto pretende que el estudiante comprenda que, de todos los posibles sistemas de referencia que se puede considerar para realizar observaciones y medidas en física, el sistema de referencia inercial es el más importante; que se entienda como un sistema en el cual un observador que analiza un cuerpo que se mueve libremente (es decir, que sobre él no actúa alguna fuerza), se mueve con velocidad constante, tanto en magnitud como en dirección (Vargas, 2011).

Para el ítem: Explique qué implica que un sistema de referencia sea inercial, la Figura 12 indica que un 65 % de las respuestas encaja en el criterio de: No sabe o no responde y, un 22 % de ellas son correctas o, parcialmente correctas.

Al considerar el criterio de amplitud conceptual en el ítem, se puede observar que la mayoría de los estudiantes desconoce el significado y la importancia de un sistema de referencia inercial en las observaciones y medidas que se puede realizar en los laboratorios y que permiten ser consistentes y coherentes al ser comparadas con medidas realizadas por otros observadores. Sin embargo, al analizar las respuestas correctas o parcialmente correctas presentadas por algunos estudiantes, es posible verificar una profundidad conceptual bien marcada, fundamentada en los conceptos derivados de las leyes de Newton que caracterizan e identifican el significado y la importancia de un sistema de referencia inercial.

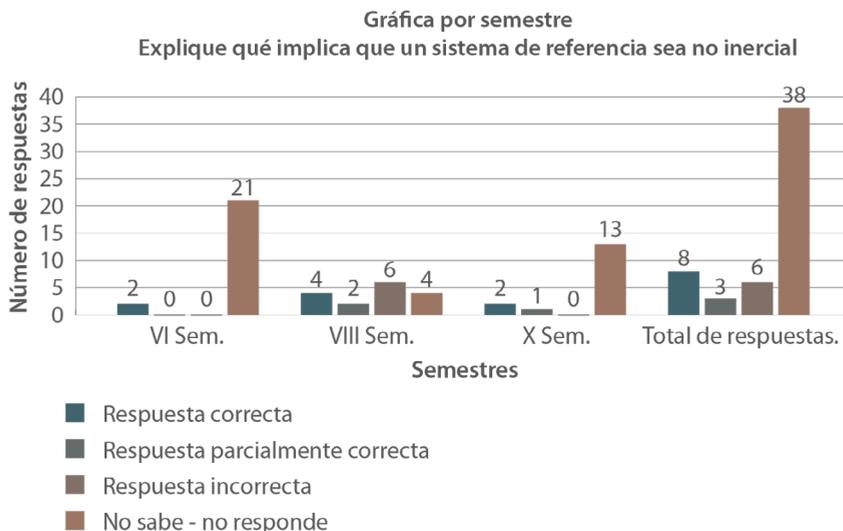


Figura 13. Respecto al ítem: *Explique qué implica que un sistema de referencia sea no inercial*

Fuente: Elaborada por los autores.

Justificación: si se observa un cuerpo que sin presencia de fuerzas viaja en línea recta con velocidad constante (o se encuentra en reposo), se dice que el observador es inercial y su sistema de referencia es un sistema inercial. Un sistema de referencia inercial lo caracterizan dos propiedades fundamentales: la primera, la medida de distancia con una regla que se describe mediante la geometría euclidiana, lo que implica que se cumpla el teorema de Pitágoras en el caso de triángulos rectángulos; la segunda, que todos los relojes en un sistema inercial están sincronizados, de manera que todos los observadores con coordenadas fijas permanecen en reposo, unos con relación a los otros (Flores Reyna, 2019)

Ahora, un sistema de referencia no inercial es un sistema de referencia acelerado y se caracteriza porque surgen fuerzas de inercia que son fuerzas ficticias, ya que no resultan de alguna interacción; son un artificio creado para que las leyes de Newton puedan ser usadas en este tipo de referenciales en los cuales ellas no son válidas. Como ejemplo se puede considerar una bola sujeta de una cuerda a la que se le da vueltas; la cuerda trasmite

una fuerza centrípeta que está dirigida hacia el centro y que mantiene la bola en una trayectoria circular. Si el movimiento es circular y se realiza con rapidez constante, la cuerda forma un ángulo recto con la trayectoria de la bola en movimiento.

En este movimiento circular se siente una fuerza aparente dirigida hacia afuera y que se denomina fuerza centrífuga; es decir, que se aleja del centro; pero, si la cuerda se rompiera, se esperaría que la fuerza centrífuga apartara la bola de su trayectoria circular; no obstante, lo que ocurre es que cuando se rompe el cordón, la trayectoria que seguirá la bola será tangencial a la trayectoria circular y en línea recta, ya que no actúa fuerza sobre ella. Desde un sistema de referencia estacionario a la bola, se observa que no existe una fuerza centrífuga que actúe sobre ella. A diferencia de la fuerza gravitacional que resulta de la interacción entre dos masas o el peso, que es consecuencia de la interacción con la Tierra, nada produce la fuerza centrífuga; es un resultado de la rotación; por eso se dice que es una fuerza inercial o fuerza aparente y no una fuerza real. Para un observador que se encuentra en un sistema de referencia que está rotando o no inercial, la fuerza centrífuga o de inercia que siente se percibe como real (Walker et al., 2014).

Respuesta: es un sistema de referencia en el cual las leyes de Newton no son válidas; es un sistema de referencia acelerado; son sistemas de referencia donde surgen fuerzas ficticias.

Expectativa: para esta pregunta se esperaría que el estudiante entienda que se interpreta por un sistema, que es la contraparte de un sistema de referencia inercial; que, en un sistema no inercial, un cuerpo no tendrá un movimiento libre y que están presentes fuerzas, las cuales son perceptibles únicamente para este observador muy particular que esté acelerado; un ejemplo de ello sería un observador que posee un movimiento circular.

Para la pregunta: ¿Qué significa que un sistema de referencia sea no inercial?, la Figura 13 evidencia que un 70 % de las respuestas está clasificada como No sabe o no responde y un 20 % son correctas o, parcialmente correctas. Los estudiantes, en su gran mayoría, desconocen el significado de un sistema de referencia no inercial y cómo este se diferencia de los sistemas inerciales; al enmarcar la interpretación de este concepto en la

valoración de la amplitud conceptual, desconocen que incluso la Tierra, que es el principal laboratorio, es un sistema de referencia no inercial; por otro lado, algunos consiguen relacionar el concepto de sistemas no inerciales con sistemas de referencia que poseen aceleración, aun cuando no consiguen visualizar las consecuencias de trabajar con ellos, lo que muestra falta de profundidad conceptual.

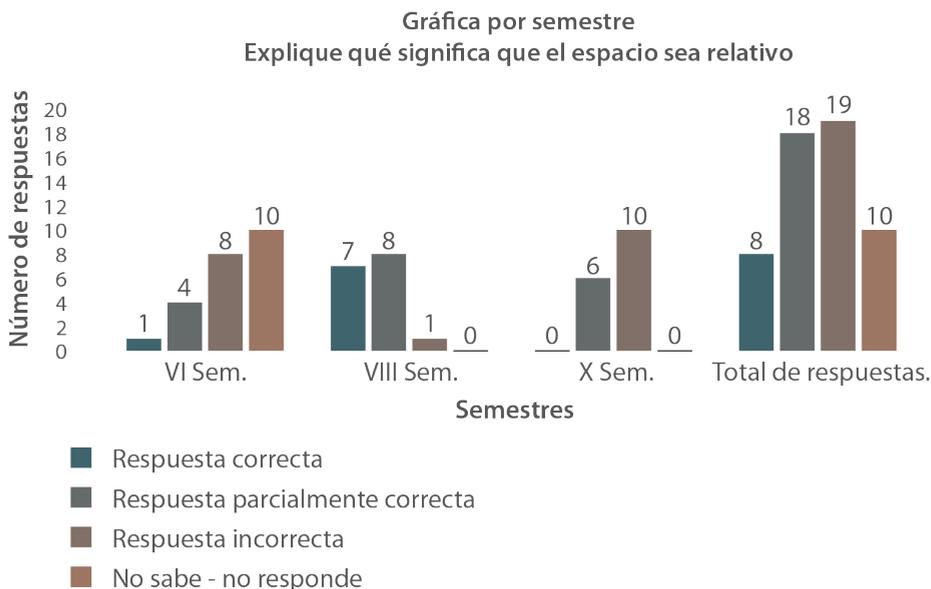


Figura 14. Respecto al ítem: *Explique qué significa que el espacio sea relativo*

Fuente: Elaborada por los autores.

Justificación: las leyes de Newton son válidas en todo sistema de referencia inercial, ya que todas ellas son equivalentes a la hora de expresar los elementos básicos de la mecánica. Einstein sugirió que este principio se debería ampliar a todas las leyes fundamentales de la física. Así, el principio de relatividad, Einstein insta que las leyes de la física deben ser las mismas para todo sistema de referencia inercial. Adicionalmente, se exige que la velocidad de propagación de la radiación electromagnética sea independiente del sistema de referencia y, deberá ser igual en todo sistema inercial.

La relatividad estudia la medida de eventos, dónde y cuándo estos suceden y por cuánto están separados en el espacio y en el tiempo. Además, la relatividad determina cómo la medida de estos eventos se relaciona entre sistemas de referencia que se mueven uno respecto a otro. A un evento se le asocia tres coordenadas espaciales y una temporal. El evento puede ser notado por un observador fijado a un sistema de referencia inercial y este le asigna cuatro coordenadas. Como el espacio y el tiempo están entrelazados entre sí en la relatividad, se puede describir esas coordenadas colectivamente como coordenadas espaciotemporales. Este sistema de coordenadas, por sí mismo, es parte del sistema de referencia del observador que advierte el evento.

El mismo evento puede ser registrado por otros observadores, cada uno de ellos en diferentes sistemas de referencia inerciales. Varios observadores designarán diferentes coordenadas espaciotemporales al mismo evento. Un evento no pertenece a un sistema de referencia inercial particular; el evento es algo que sucede independiente del observador y, el observador en un sistema de referencia lo detecta y lo registra cuando le asigna coordenadas espaciotemporales. Si hay dos eventos, el observador determina la separación en tiempos a partir de la diferencia de tiempos registrada por los relojes cercanos a cada evento y, la separación en el espacio a partir de la diferencia en las coordenadas espaciales asignadas a cada evento (Ohanian y Markert, 2007).

Si se desea medir la longitud de una regla, se debe proceder de la siguiente manera: Primero, se debe considerar los extremos de la regla, como si fueran dos eventos. Para un sistema de referencia en reposo con la regla, se registra las coordenadas espaciales de los puntos extremos en el mismo instante, es decir, simultáneamente. La longitud de la regla medida por este observador es dada a partir de la sustracción de estas coordenadas espaciales. Ahora, si la regla es medida por un observador que está en movimiento relativo a esta, se determinará que la longitud de la regla ya no depende solo de la sustracción de las coordenadas espaciales sino, también, del intervalo temporal entre los eventos que definen los extremos de la regla. Para el observador en movimiento, dichos eventos no ocurren en el mismo instante, como lo estableció el observador en reposo con la regla. Einstein mostró que la longitud de un objeto depende del referencial en el

que es medido cuando este se mueve a una velocidad dada, de la forma $L = L_0/\gamma$, siendo L_0 la longitud en el sistema en reposo respecto a la regla y, γ el factor de Lorentz, $\gamma = 1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Para $v \geq 0,20c$, el factor de Lorentz difiere en más de un 2 % de la unidad y, por tanto, tiene efectos claramente medibles. Él demostró que la longitud de una regla medida por un observador que se encuentra en reposo con relación a la regla que se encuentra en movimiento, es menor que la longitud medida por un observador que se encuentra en reposo en referencia a la misma. Este fenómeno se denominó contracción de la longitud (Surkov et al., 2012).

Respuesta: los eventos se caracterizan estableciendo el dónde y cuándo estos suceden. El registro de los eventos depende del observador que los note; los eventos son independientes del observador, pero su inscripción es propia de cada observador; la longitud es un concepto relativo; es decir, depende del observador.

Expectativa: esta pregunta pretende que el estudiante entienda el significado de un evento como un elemento para caracterizar un acontecimiento y cómo este debe ser caracterizado y registrado; que comprenda que el concepto de medida de distancia espacial depende del sistema de referencia inercial que realiza la observación.

Frente a la argumentación: Explique qué significa que el espacio sea relativo, la Figura 14 indica que el 47 % de los estudiantes da una respuesta correcta o parcialmente correcta, en tanto que el 35 % desconoce completamente el concepto. La mayoría de ellos posee percepciones claras o aproximadas del concepto de medida en distancia como dependiente del sistema de referencia inercial que se considere, lo que denotaría una amplitud conceptual bastante acorde con los resultados presentados. Sin embargo, al tener en cuenta la profundidad conceptual, se observa en las respuestas incorrectas, que dichas interpretaciones son inconsistentes, considerando que el concepto es elemental y fundamental, ya que es un elemento que se debería comprender en un curso elemental de mecánica.

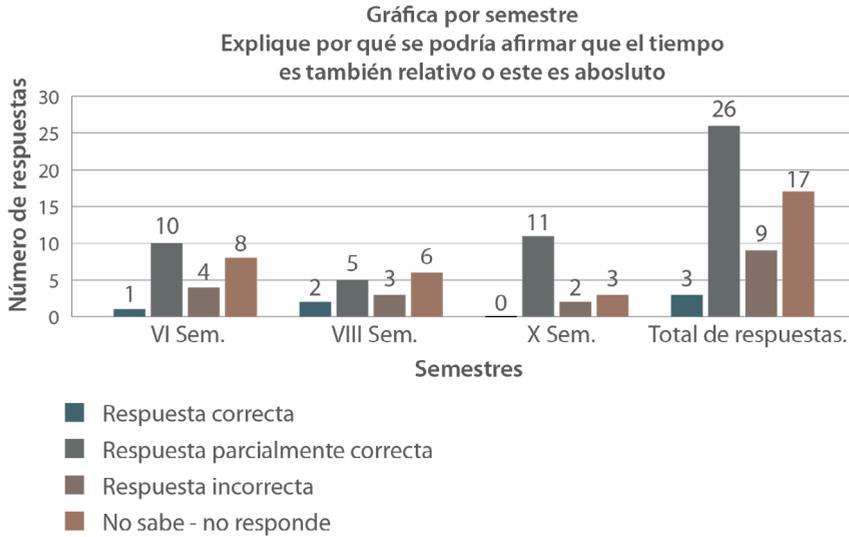


Figura 15. *Respecto al argumento: Explique por qué se podría afirmar que el tiempo es también relativo o este es absoluto*

Fuente: Elaborada por los autores.

Justificación: una hipótesis de la mecánica newtoniana es, que hay una escala de tiempo universal para todos los observadores. Newton y sus partidarios asumían la simultaneidad como un hecho. Cuando se dice que se escuchó un sonido a las 7 de la noche, se entiende que los dos eventos consistentes en escuchar el sonido y que el reloj lo registrara a las 7, ocurrieron simultáneamente.

Suponga dos observadores inerciales; uno, en reposo relativo a la Tierra y otro que se mueve con velocidad constante con relación al primero. Se ajusta los relojes de manera que cuando sus orígenes coincidan, el tiempo comienza a correr. Ahora, se estudia el movimiento de una partícula que se encuentra en reposo relativo a un primer observador que se está moviendo y en movimiento con relación a un segundo observador, el cual se halla en reposo con relación al primero. De acuerdo con la mecánica newtoniana, específicamente de la naturaleza universal del tiempo, un evento asociado a la partícula se caracteriza por coordenadas espaciales diferentes registradas por cada observador; sin embargo, el tiempo que se consigna

es el mismo para los dos. Las ecuaciones que relacionan las coordenadas espaciotemporales de este evento para los dos observadores son conocidas como 'transformaciones de Galileo'.

Estas relaciones permiten garantizar que la velocidad de la partícula medida por los dos referenciales es diferente, pero la aceleración es independiente del observador, de modo que la fuerza resultante sobre la partícula es la misma y es autónoma del referencial inercial. Así, cualquier experimento mecánico conduce al mismo resultado en cualquier sistema inercial. Este hecho se conoce como el 'principio de relatividad de Galileo'.

No obstante, cuando Einstein postula que la velocidad de la luz en el vacío tiene el mismo valor en todas las direcciones y en todo sistema de referencia inercial, se concluye que la simultaneidad no es un concepto absoluto, sino más bien, un concepto relativo; depende del movimiento del observador. Si dos observadores se encuentran en movimiento relativo, en general, ellos no estarán de acuerdo con respecto a si dos eventos son simultáneos. Si un observador establece simultaneidad, el otro usualmente no lo hará. Einstein mostró que, para un observador que se mueve con relación al sitio donde ocurren dos eventos, el intervalo de tiempo entre estos es mayor que el intervalo de tiempo medido por un observador que se halla en reposo al sitio donde los eventos ocurren de la forma $t = \gamma t_0$. Este fenómeno se denomina 'dilatación en el tiempo' (Hewitt, 2007).

Respuesta: el tiempo no es un concepto absoluto. El tiempo es relativo, depende del sistema de referencia inercial. La simultaneidad es también un concepto relativo. En general, dos sucesos que son simultáneos para un sistema de referencia inercial, no lo serán para un segundo sistema de referencia inercial que se desplaza con respecto al primero.

Expectativa: con este ítem se espera que el estudiante comprenda que, al afirmar que el tiempo es relativo, comprenda que si se presentan dos eventos, el intervalo de tiempo entre ellos dependerá del sistema de referencia que los mida, ya que para un observador, el intervalo entre dos eventos ocurre en un lapso de tiempo; sin embargo, se puede presentar que otro determine que los eventos fueron simultáneos o acontecieron

en un intervalo de tiempo menor, al ser considerado por un primer conjunto de observadores.

Por lo tanto, se plantea la necesidad de cambiar la percepción tradicional de espacio y tiempo como elementos independientes y considerarlos como complementarios. Esta idea es la que da origen a la necesidad de modificar la percepción de una TR anterior a la propuesta de Einstein.

Frente al punto: Explique por qué se podría afirmar que el tiempo es también relativo o este es absoluto, la Figura 15 representa que, aproximadamente un 47 % de las respuestas son parcialmente correctas, en tanto que 30 % no sabe o responde a la interpretación del tiempo como un concepto relativo. En su gran mayoría, las interpretaciones realizadas son aproximadas, ya que introducen explicaciones simples sin argumentos claros o apoyados en elementos concretos, resaltando además que no existe una profundidad conceptual evidente en las respuestas más fiables; estas son concretas, sin entrar a profundizar las razones del porqué.

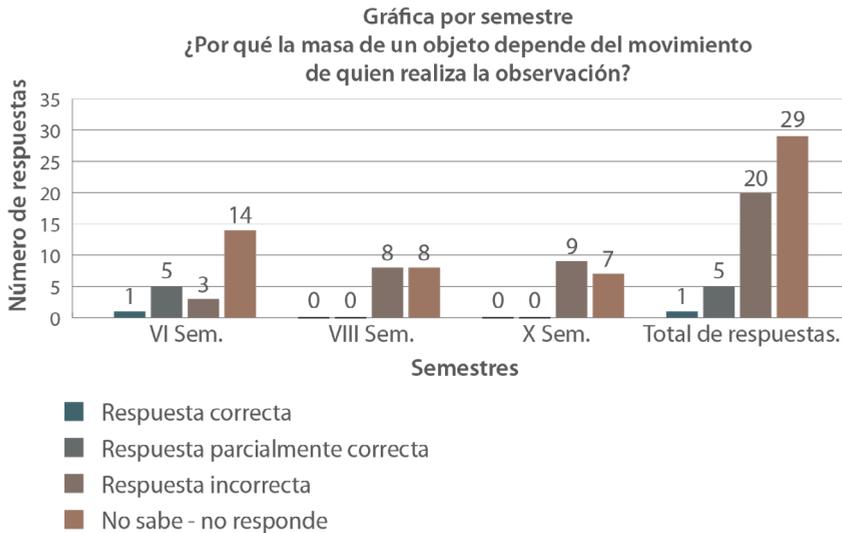


Figura 16. Respecto a la pregunta: ¿Por qué la masa de un objeto depende del movimiento de quien realiza la observación?

Fuente: Elaborada por los autores.

Existe una controversia sobre la conveniencia de introducir la masa relativista m_r (Okun, 1989; Solbes et al., 2002). Muchos autores de textos de Física general como Feynman y Leighton (1987); Feynman et al., (1971); Alonso y Finn (1971; 1995); Holton (1987); Giancoli (2009), etc.) optan por hacerlo, en tanto que los textos de Física más avanzados no lo hacen, dado que consideran que la masa es un invariante relativista, es decir que su valor no depende del sistema de referencia elegido ya que es el escalar invariante asociado al vector energía impulso $E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$, que caracteriza a la partícula o sistema, unívocamente donde m es la masa en reposo y el concepto de masa relativista no es necesario.

Además, puede producir errores conceptuales en los estudiantes (Okun, 1989; Solbes et al., 2002). Uno de los más frecuentes es asignar un carácter inercial a la misma y , por tal, se entiende el factor de proporcionalidad entre la fuerza aplicada a un cuerpo y la aceleración adquirida; por tanto, debería ser $m_r = F/a$, pero esta ecuación es incorrecta. La consideración de la masa relativista como masa inercial aparece en expresiones del siguiente tipo: 'Cuando aumenta la velocidad de un cuerpo, su masa también aumenta', de manera que su valor sería infinito cuando la velocidad coincidiera con la de la luz, considerando que la masa relativista ofrece una resistencia a la aceleración. Pero, para explicarlo, basta considerar que la energía $E = \gamma mc^2$ aumenta con la velocidad. Otro error es la aplicación de la ecuación $E = m_r c^2$ a los fotones, que da como resultado, que posean una masa $m_r = E/c^2$ a pesar de que su masa en reposo m sea nula. Esas expresiones se justifican diciendo que, si los fotones tienen masa, se puede explicar fácilmente la desviación de su trayectoria cuando se mueven en un campo gravitatorio. Nuevamente, para explicarlo basta considerar que el fotón tiene una energía $E=pc$. (Pérez Celada, 2003)

En la conocida *Física moderna* de Tipler y Mosca (1980), se señala que no es conveniente introducir la masa relativista para evitar errores como la obtención de expresiones relativistas (por ejemplo, de la energía cinética o de la fuerza), sustituyendo la masa en reposo por la relativista. Por ello, cada vez hay un mayor consenso hacia evitar el uso de la masa relativista, que se pone de manifiesto en revistas internacionales, con el número decreciente de artículos que utilizan la masa relativista m_r . La revista *The European Jour-*

nal of Physics decidió en 1998 la publicación de un comentario 'Note on the meaning and terminology of special relativity' para atajar el uso de la misma (Okun, 1989). O, que Alonso y Finn (1995), en las ediciones más recientes de su Física, hayan dejado de utilizarla. Hay propuestas sencillas que introducen la Teoría Especial de la Relatividad sin masa relativista, usando m como masa en reposo y entonces $p = \gamma m v$ y $E = \gamma m c^2$ (Solbes et al., 2002), en tanto que el enfoque más tradicional usa m como masa relativista y m_0 como masa en reposo.

Pero, como la mayoría del profesorado en activo se encuentra más familiarizado con el enfoque de la masa relativista, en el cuestionario hacemos uso de la misma y la seguiremos a partir de este punto.

Se identifica por m_0 la masa en reposo que caracteriza la masa de un objeto con relación a un referencial en reposo. Ahora, si este objeto se mueve con una velocidad \vec{v} , la relatividad especial establece que su masa vendrá dada por:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1)$$

...donde m se denomina la masa relativista. El factor $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ permite determinar que la masa relativista es mayor que la masa en reposo y, cuando mayor es la velocidad, mayor será esta masa. Este aumento no implica un incremento en la concentración de materia que el objeto tiene, pero sí un incremento en su inercia (Serway y Vuille, 2012).

Respuesta: La masa es un concepto relativo; la masa de un cuerpo incrementa con la velocidad, siendo ese efecto medible cuando la velocidad del cuerpo sea del orden de $v \geq 0,2c$. Si el cuerpo se mueve con una velocidad pequeña comparada con la velocidad de la luz esta se puede considerar constante. La masa de un objeto parece aumentar a medida que incrementa su velocidad. También se considera correcto si se dice que la masa en reposo m_0 no aumenta y que la energía lo hace en la forma $E = \gamma m_0 c^2$.

Expectativa: este interrogante busca que el estudiante comprenda que una característica fundamental de la materia es la masa; que cuando se involucra efectos relativistas, ya no es una constante, como lo hace ver la mecánica newtoniana. Por otra parte, para objetos que se mueven con una velocidad muy por debajo de la velocidad de la luz, se muestra experimentalmente que la masa del objeto es constante; sin embargo, cuando se considera efectos relativistas, se consigue determinar que la masa de este dependerá de la velocidad con la que se mueva.

Frente a la pregunta: ¿Por qué la masa de un objeto depende del movimiento de quien realiza la observación?, la Figura 16 representa que el 53 % de los estudiantes no sabe o no responde y, el 36 % la responde incorrectamente.

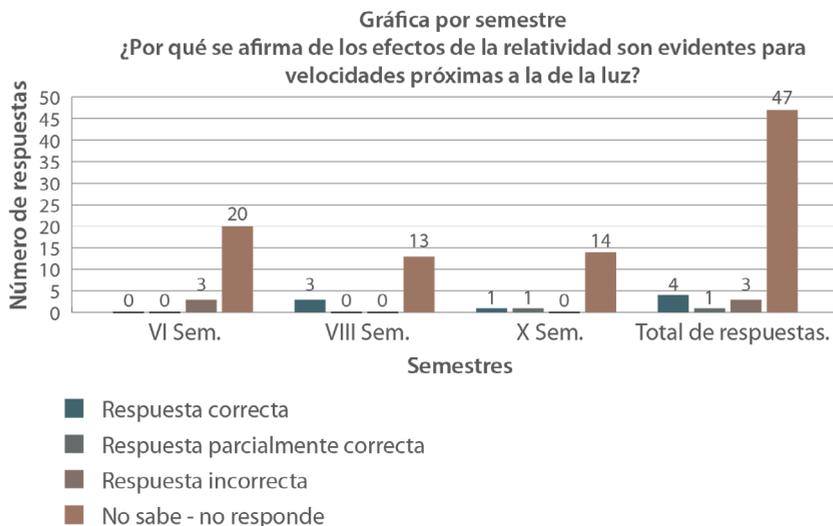


Figura 17. Con respecto a la pregunta: ¿Por qué se afirma que los efectos de la relatividad son evidentes para velocidades próximas a la de la luz?

Fuente: Elaborada por los autores.

Justificación: Hewitt (2006) manifiesta que, en 1987 Thomson mostró experimentalmente que la relación carga-masa para un electrón era constante e independiente de la velocidad de los electrones. No obstante, sus observaciones estaban basadas en que los electrones poseían velocidades pequeñas en comparación con la velocidad de la luz. Experimentos realiza-

dos posteriormente, de manera independiente, por Philipp Lenard y Walter Kaufmann determinaron que para electrones que viajaban a velocidades muy próximas a la velocidad de la luz, la relación carga-masa disminuía a medida que la velocidad aumentaba. En el momento se pensó que este efecto relativista podría ser explicado por cuanto el módulo de la carga eléctrica de los electrones disminuye con la velocidad v , la masa aumenta con la velocidad.

Einstein resolvió el problema mostrando que la carga de una partícula no varía con la velocidad; es decir, la carga es la misma en cualquier sistema de referencia inercial. Según él, lo que varía es la masa; esta tiende a aumentar, cuanto mayor es su velocidad. No obstante, no es la cantidad de materia del cuerpo la que aumenta, pero sí su inercia; o sea, aumenta la dificultad en acelerarlo.

Si se asume válidas las leyes de Newton, para un cuerpo de masa en reposo m_0 que se somete a una fuerza constante, la aceleración de este es constante y la velocidad se incrementa proporcionalmente con el tiempo. Ahora bien, cuando se considera efectos relativistas y el cuerpo se mueve a una velocidad próxima a la de la luz, la teoría de la relatividad especial establece que la velocidad cambia de manera diferente a la estipulada por la mecánica newtoniana y se puede mostrar que la aceleración comienza a disminuir.

La relatividad especial probó que, con el fin de que el principio de conservación del momento lineal se cumpliera a nivel relativista, era necesario definir la cantidad de movimiento, como:

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (2)$$

...siendo m la masa relativista, que es una cantidad que no es constante, como lo exige la mecánica newtoniana, mas sí una función que depende de la velocidad con la que se mueve el cuerpo.

Con todo, el mayor descubrimiento que surge de la TR es el hecho de que la energía se puede transformar en masa y la masa en energía; esto es, la masa es una forma de energía. La materia, aun cuando no interactúe, po-

se ve una energía, por el hecho de existir, que se llama 'energía en reposo'. Einstein concluyó que se requiere energía para formar masa y, que se libera energía si esta masa desaparece; evidenció que la energía contenida en una cantidad de masa en reposo es:

$$E_0 = m_0 c^2 \quad (3)$$

Todos los sistemas tienen energía, aunque $p=0$, es denominada energía en reposo E_0 . Desde el punto de vista de la mecánica newtoniana, ya conocida por los estudiantes, este resultado es sorprendente. Se debe hacer énfasis y destacar el hecho de que la energía en reposo no tiene ningún equivalente con las formas de energía presentadas hasta ese momento: energía cinética, potencial, interna y de los campos libres (Solbes et al., 2002).

Debido al enorme valor que representa la velocidad de la luz, se entiende que una pequeña cantidad de masa corresponde a una enorme energía (Schiller, 2012).

Respuesta: los efectos relativistas son medibles cuando son considerados velocidades próximas a la de la luz. El espacio y el tiempo ya no pueden ser considerados como elementos que están relacionados (4 dimensiones) y permiten caracterizar de manera única un evento. Existe una velocidad límite a la cual puede viajar un objeto. El concepto de simultaneidad es relativo.

Expectativa: esta pregunta pretende que el estudiante comprenda que, al estudiar elementos que caracterizan las propiedades del objeto que se mueve a velocidades próximas a la de la luz, como la masa, la energía, el tiempo, la longitud, se pueda mostrar que estos parámetros dependen de la velocidad con la que se mueve cuando se considera velocidades de las próximas a la de la luz (De La Peña y Campos, 1999). La intención de las dos últimas preguntas es que sean respondidas a partir de los conocimientos que se adquiere en las disciplinas cursadas, por lo que se espera que ya sea por iniciativa propia, por sugerencia de un profesor o por curiosidad, se indague nuevos resultados de información que estén activados en la red y los medios, donde los estudiantes entiendan qué nuevos conocimientos están presentes y que muchos de ellos no podrían ser respondidos con la física formulada hasta antes de las ideas de Einstein.

Frente a la pregunta: ¿Por qué se afirma que los efectos de la relatividad son evidentes para velocidades próximas a la de la luz?, según la Figura 17, la mayoría de los estudiantes no sabe o no responde al cuestionamiento que se pretende abordar con este interrogante.

Conclusiones y perspectivas

Una vez presentados los resultados de la investigación, es importante asumir la necesidad constante e imperiosa de la actualización en los contenidos relacionados con la formación de los docentes en ciencias, con miras a la transformación de la educación en ciencias en el sistema educativo colombiano. Los constantes avances, cambios y desarrollos tecnológicos requieren una incesante actualización que asegure el aprendizaje y la enseñanza de contenidos vigentes y oportunos.

Desde los resultados de la investigación didáctica en ciencias y la formación de profesores se establece una clara relación entre la preparación que los docentes en formación adquieren y que, en últimas, constituye su conocimiento profesional y el ejercicio de la docencia. Esto es, con una preparación insuficiente en los procesos de formación, los docentes se ven obligados a limitar la enseñanza o, a generar errores conceptuales. Esto, sin duda, ocasiona un círculo peligroso. La idea de investigaciones como esta, es romper dicho círculo, pues la intención es que los resultados obtenidos se constituyan en un elemento a tener en cuenta.

Las instituciones de formación de maestros deben revisar continuamente la construcción de sus currículos y, uno de los elementos a tener en cuenta es, justamente, los resultados de investigaciones relacionadas, además, entre otros, de los documentos curriculares a nivel nacional, como son los lineamientos curriculares, los estándares básicos de competencias, los contextos y la normativa vigente.

Esta investigación se enfocó en el conocimiento profesional disciplinar de docentes en formación de la Universidad de Nariño en dos teorías fundamentales que son: la Teoría Cuántica y la Teoría de la Relatividad, por cuanto se considera importante que el maestro en formación construya conocimientos en estos tópicos, para asegurar su enseñanza en la educación básica y media colombiana.

Se ha encontrado que los estudiantes poseen unos conocimientos muy bajos de las mismas. En concreto, lo que hoy es necesario y pertinente, puede no serlo el día de mañana. El avance tecnológico, las constantes posibilidades tanto técnicas como instrumentales, hacen del conocimiento un elemento temporalmente válido. En áreas relacionadas con las ciencias naturales, como la química y la física, especialmente, los cambios que se suscitan requieren de una actualización continua de los agentes educativos.

La incorporación de la teoría de la relatividad y de la teoría cuántica resulta fundamental en la formación científica de los estudiantes. Sinarcas y Solbes (2013) señalan los siguientes motivos:

1. A nivel de naturaleza e historia de la ciencia, la Física Cuántica permite dar una imagen más correcta de cómo se desarrolla la ciencia, sobre todo para poner de relieve los problemas que no pudo resolver la Física clásica que provocaron su crisis y el nacimiento de la Física moderna.
2. A nivel conceptual, porque la Física Cuántica es necesaria para una interpretación adecuada de la estructura de la materia y la evolución de los fenómenos microscópicos. Además, es imprescindible para entender el mundo que nos rodea y está cada vez más presente en otras disciplinas como Biología, Química o Medicina; pero también para comprender mejor la propia Física clásica al mostrar sus límites de validez y las diferencias entre ambas teorías.
3. A nivel de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS), dada la creciente importancia de las aplicaciones de la Física Cuántica en nuestra sociedad (electrónica, láser, etc.).

4. A nivel actitudinal, porque a los alumnos les interesan y contribuyen así a mejorar su aprendizaje, no solo las aplicaciones de la cuántica, sino también aspectos más teóricos (p. 10).

A los que podemos añadir nuevas aplicaciones como el GPS, la célula fotoeléctrica, el transistor y toda la microelectrónica posterior, los aceleradores de partículas, los reactores nucleares y los radioisótopos, el microscopio electrónico, las nanotecnologías y sus aplicaciones particularmente biológicas, los nuevos materiales y los avances en la computación cuántica (González, Fernández y Solbes, 2024).

También, porque es un tema que ha despertado gran interés entre ellos, por el consumo en películas, documentales, libros y revistas de ciencia ficción donde se aborda ciertos conceptos de forma superficial y frecuentemente inexacta; así, los conceptos son introducidos e interpretados de manera conceptualmente incorrecta. Muchas de las concepciones adquiridas resultan erróneas o imprecisas, lo que induce al alumnado a desarrollar ideas equivocadas; por ello, es necesario educar y reeducar en los fundamentos de estas teorías, en especial de la TR, con el fin de ser precisos, coherentes y consistentes con la teoría y realidad actual (Massari et al., 2006).

Gracias a las facilidades de acceder a computadores y a la información suministrada por el internet, los estudiantes son reacios a los métodos tradicionales de aprendizaje y tienen mayor afinidad con las herramientas tecnológicas e informáticas. El computador y los medios digitales se han convertido en herramientas que permiten acceder a la información, ampliarla, comprenderla y consolidar conceptos, teniendo en cuenta que existen muchas dificultades para implementar y desarrollar experimentos que permitan solventar el interés y la curiosidad que ellos manifiestan por cuestiones teóricas como, por ejemplo, la paradoja de los gemelos, la simultaneidad o los agujeros negros.

No se puede delegar a estructuras no convencionales como el cine, la televisión, los documentales, informes o similares, la educación actualizada en ciencias. Es en el aula de clase donde se debe construir las herramientas necesarias e imprescindibles para comprender el mundo de hoy y, en consecuencia, tomar una posición crítica frente a ello.

Al articular la necesidad de actualización de la educación básica y media en Colombia y su lógica correlación con la formación docente, surge un reto: el de repensar los currículos de formación docente. Se propone que esa revisión se base en la idea de replantear la estructura de las asignaturas de Física y Química que actualmente se trabaja. No es menester la creación de nuevas asignaturas de estudio, que solo generaría cargas más pesadas de las que ya se tiene.

La idea es que, si se aborda una química general o fundamental en la que lógicamente se trabaje teoría atómica, esta no sea abordada como la crono-descripción de los modelos atómicos y, al final, se llegue a trabajar términos como si fueran sinónimos unos de otros, como es el caso de órbita, orbital o nivel de energía. Se trata más bien, de que se aborde desde hechos epistemológicamente dinamizadores, por ejemplo: desde la idea de discontinuidad de la materia, crisis de la física clásica y el modelo mecánico cuántico (Muñoz et al., 2022).

La discusión relacionada con la complejidad matemática que el modelo mecánico cuántico implica, se propone ser saldada con las derivaciones epistémicas de los conceptos cuánticos, como lo son: la dualidad onda-partícula, la indeterminación, la complementariedad, entre otras. Para ello, abordar estas temáticas con un enfoque didáctico basado en la historia de las ciencias y la construcción de conceptos integradores y epistemológicamente dinamizadores como los enunciados, puede ser una alternativa.

Con respecto a la TR, se plantea la necesidad de revisar el amplio tiempo y espacio académico que se da a conceptos de mecánica en Física y, trabajar en un espacio de física, la Teoría de la Relatividad como tal.

Dentro de los procesos de re-estructuración del programa de Formación de Profesores, las asignaturas denominadas electivas también son espacios que pueden derivar en una alternativa importante. Tal como se describió, la naturaleza de las temáticas relacionadas con la TC y la TR y su estrecha relación con los fenómenos y avances técnicos del momento, generan gran interés que puede ser aprovechado para crear electivas en estos temas.

En la práctica pedagógica que se desarrolla como parte de la formación profesional de los docentes, se requiere motivar la inclusión de estos temas. Investigaciones realizadas con anticipación a esta, demostraron que los docentes de física del departamento de Nariño no se sienten preparados para asumir temáticas relacionadas con la TR o temáticas de estructura atómica (Muñoz-Burbano et al., 2020; Camacho, 2021). De manera que, motivar a los docentes en ejercicio para que a su vez susciten la enseñanza en colaboración con los docentes en formación, genera un escenario válido de transformación.

En el programa de formación de profesores, se adelanta, además, acciones de investigación formativa; estos también pueden ser espacios prolijos para fomentar ejercicios de investigación en la enseñanza de estos temas, pues validan el aprendizaje en contextos específicos.

Referencias

- Alarcón, D. y Llorente, K. P. (2019). *Alfabetización ambiental en los docentes en formación de los programas de licenciatura de la Universidad de Córdoba* [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/1a3bc01a-7111-47da-8fda-45ada7b61cf2>
- Alonso, M. y Finn, E. J. (1971). *Física. Vol. 1 Mecánica*. Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Alonso, M. y Finn, E. J. (1995). *Física*. Addison Wesley Iberoamericano.
- Ayala-García, J. (2015). Evaluación externa y calidad de la educación en Colombia. *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana*, (217), 4-42. <https://doi.org/10.32468/dtseru.217>
- Bagur, S., Rosselló, M. R., Paz, B. y Verger, S. (2021). El enfoque integrador de la metodología mixta en la investigación educativa. *RELIEVE, Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 27(1), 1-21. <https://doi.org/10.30827/relieve.v27i1.21053>
- Ballenilla, F. (2003). *El practicum en la formación inicial del profesorado de ciencias de enseñanza secundaria. Estudio de Caso* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=110693>

- Barba, S. D. (2018). *Estrategia metodológica para la enseñanza de las ciencias naturales desde una perspectiva interdisciplinar* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/68722/43268447.2018.pdf?seque>
- Bauman, Z. y Payás, D. (2013). *Sobre la educación en un mundo líquido*. Ediciones Paidós.
- Bayona-Rodríguez, H. y Urrego-Reyes, L. A. (2019). 240 años de profesión docente en Colombia. *Educación y Ciudad*, 2(37), 15-26. <https://doi.org/10.36737/01230425.v2.n37.2019.2143>
- Bermúdez, G. y De Longhi, A. L. (2012). El conocimiento didáctico de contenidos biológicos de Ecología. En R. C. Flores. (coord.), *Experiencias Latinoamericanas en educación ambiental* (pp. 19-35). Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Nuevo León (CECyTE NL).
- Blancas, J. L. (2015). Enseñanza de ciencias naturales en educación básica: retos y perspectivas. *AZ, Revista de Educación y Cultura*, (91), 58-61.
- Blanco, D. (2017). *La teoría de la relatividad de Einstein*. National Geographic Society.
- Boaventura de Sousa, S. (2007). *La Universidad en el siglo XXI. Para una reforma democrática y emancipatoria de la universidad*. CIDES-UMSA, ASDI y Plural Editores.
- Bruns, B. y Luque, J. (2014). *Profesores excelentes. Cómo mejorar el aprendizaje en América Latina y el Caribe*. Grupo del Banco Mundial.
- Buitrago, A. M. (2019, 4 de septiembre). ¿Es tiempo de enseñar física moderna en los colegios? *El Mundo.com*. <https://www.elmundo.com/noticia/-Es-tiempo-de-ensenar-fisica-moderna-en-los-colegios-/377511>
- Caamaño, A. (coord.). (2011). *Física y Química. Complementos de formación disciplinar*. Editorial Graó, de Irif, S.L.

- Cabeza, L., Zapata, A. y Lombana, J. (2018). Crisis de la profesión docente en Colombia: percepciones de aspirantes a otras profesiones. *Educación y Educadores*, 21(1), 51-72. <https://doi.org/10.5294/edu.2018.21.1.3>
- Cala, F. E. y Eslava, É. G. (2011). *Mecánica cuántica: sobre su interpretación, historia y filosofía*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Camacho, J. E. (2021). *Retroalimentación diversa para el aprendizaje de los modelos atómicos* [Tesis de maestría, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/7675/1/Sig.%20370.7%20C172.pdf>
- Castro, A. L. (2014). El conocimiento didáctico del contenido (CDC): una herramienta que contribuye en la configuración de la identidad profesional del profesor. *Magistro*, 8(15), 89-110. <https://doi.org/10.15332/s2011-8643.2014.0015.03>
- Ceballos-Botina, N. E. (2022). Abordaje por competencias en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental - UDENAR. *Revista Criterios*, 29(1), 98-107. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/29.1-art5>
- Cebrián, G. y Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en educación para la sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(1), 29-49. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.877>
- Chaves, A. (2018). La utilización de una metodología mixta en investigación social. En S. G. Kenneth., W. F. Gadea y Vera-Quiñonez, S. (coord.). *Rompiendo barreras en la investigación* (pp. 164-184). UTMACH.
- Chacón, M. (2023, 9 de octubre). Quienes estudian para ser profesores tienen los puntajes más bajos en pruebas Saber Pro. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/educacion/estudiantes-de-licenciatura-tienen-los-puntajes-mas-bajos-en-pruebas-saber-pro-814322>
- Cobo, C. (2016). *La innovación pendiente: reflexiones (y provocaciones) sobre educación, tecnología y conocimiento*. Penguin Random House.

- Damasio, F. & Ricci, T. F. (2009). Relatividade de Einstein em uma abordagem históricofenomenológica. *Textos de Apoio ao professor de Física, 20*, 1-49.
- Darling-Hammond, L. & Snyder, J. (2000). Authentic assessment of teaching in context. *Teaching and teacher education, 16*(5-6), 523-545. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00015-9)
- Decreto 2277. (1979, 14 de septiembre). Presidencia de la República de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-103879_archivo_pdf.pdf
- Decreto 1278. (2002, 19 de junio). Presidencia de la República de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-86102_archivo_pdf.pdf
- De la Peña, L. y Campos, I. (1999). *Los conceptos de la física del presente siglo*. Universidad Nacional Autónoma de México y Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- De la Torre, S. (2009). La universidad que queremos: estrategias creativas en el aula universitaria. *Revista Digital Universitaria, 10*(12), 1-17.
- De Longhi, A. L. (2000). El discurso del profesor y del alumno: Análisis didáctico en clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 18*(2), 201-216. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4039>
- De Souza Wolff, J. F. y Mors, P. M. (2005). Relatividade: a passagem do enfoque galileano para a visão de Einstein. *Textos de apoio ao professor de física, Porto Alegre, 16*(5).
- Díaz, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Duque-Escobar, G. (2021). *Del geocentrismo y heliocentrismo al universo relativista* [Documento de trabajo, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/84625>

- El País. (2023, 1 de septiembre). Carreras universitarias en Colombia: ranking carreras mejor pagadas en el 2023. <https://www.elpais.com.co/colombia/carreras-universitarias-en-colombia-ranking-carreras-mejor-pagadas-en-el-2023-0143.html>
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 6(2), 02110-1-26. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>
- Fernández, E. (2009). Aprendizaje experiencial, investigación-acción y creación organizacional de saber: la formación concebida como una zona de innovación profesional. *REIFOP*, 12(3), 39-57.
- Fernández, P. E., González, E. M. y Solbes, J. (2005). Evolución de las representaciones docentes en la física cuántica. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- Feynman, R. P., Leighton, R. B. y Sands, M. (1971). *Física*, Vol. 3. Fondo Educativo Iberoamericano.
- Feynman, R. P. y Leighton, R. B. (1987). *Física 1. Mecánica, radiación y Calor*. Addison Wesley Iberoamericana S.A.
- Fonseca, G. (2018). *El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* [Tesis doctoral, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14263>
- Franco-Moreno, R. A. (2018). Institucionalización de la formación de licenciados en ciencias experimentales y áreas afines en Colombia: Mapeo de programas de licenciatura. *Formação Docente*, 10(19), 171-188. <https://doi.org/10.31639/rbpfv.v10i19.37>
- Freire, C. C., Pilco, E. R. y Navarrete, C. R. (2015). *Incidencia de los trabajos prácticos en el aprendizaje de las ciencias naturales* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Milagro, UNEMI]. <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/2391>

- Flores-Reyna, A. (2019). *Sistema matemático de signos en la comprensión de los marcos de referencia, simultaneidad y tiempo, en la relatividad especial* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Departamento de Matemática Educativa].
- Gallego, R. (2004). *La formación inicial de profesores de ciencias en Colombia: contrastación de fundamentos*. Universidad Pedagógica Nacional.
- García, G. R., Alcívar, M. E., Gorozabel, F. B. y Gorozabel, T. A. (2017). Resultados del rediseño de la carrera de Ciencias Experimentales en Pedagogía de las Matemáticas y Físicas. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 8(3), 91-118.
- Garriz, A., Nieto, E., Padilla, K., Reyes-Cárdenas, F. M. y Velasco, R. T. (2008). Conocimiento didáctico del contenido en química. Lo que todo profesor debería poseer. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 27(1), 153-177.
- Giancoli, D. C. (2009). *Física. Principios con aplicaciones* (6.ª ed.). Prentice Hall.
- Gil, D. & Solbes, J. (1993). The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, 15(3), 255-260. <https://doi.org/10.1080/0950069930150303>
- Gobernación de Nariño. (2023). Mapa de división política administrativa. <https://sededigital.narino.gov.co/publicaciones/42/mapa/>
- Gómez, H. J. y Mitchell, D. (2014). Innovación y emprendimiento en Colombia - Balance, perspectivas y recomendaciones de política: 2014-2018. *Cuadernos de Fedesarrollo*, (50). https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/149/CDF_No_50_Marzo_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- González, E. M., Muñoz, Z. E. y Solbes, J. (2020). La enseñanza de la física cuántica: una comparativa de tres países. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 15(2), 239-250. <http://doi.org/10.14483/23464712.15619>
- González, E., Fernández, P., Solbes, J. (2024). Generando vías para el mejoramiento de la formación docente en la enseñanza de la física cuántica.

- tica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 19(1), 54-70. <https://doi.org/10.14483/23464712.20659>
- Hewitt, P. G. (2006). *Practicing Physics for conceptual physics* (10.^a ed.). Addison Wesley.
- Hewitt, P. G. (2007). *Física Conceptual* (10.^a ed.). Addison Wesley.
- Holton, G. (1987). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas* (2.^a ed.). Editorial Reverté, S.A.
- Ley 39 de 1903. (1903, 26 de octubre). Congreso de la República de Colombia. <https://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1594188>
- Ley 30 de 1992. (1992, 28 de diciembre). Congreso de la República de Colombia. https://snies.mineducacion.gov.co/1778/articles-391237_Ley_30.pdf
- Ley 115 de 1994. (1994, 8 de febrero). Congreso de la República de Colombia. https://www.mienducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Libâneo, J. C. (2014). La integración entre el conocimiento disciplinar y el conocimiento pedagógico en la formación de profesores y la contribución de la teoría de la enseñanza de Vasili Davidov. *Didácticas Específicas*, (10), 5-37. <https://doi.org/10.15366/didacticas2014.10.001>
- López, L. (2012). La importancia de la interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación. *Sophía*, (13), 367-377. <https://doi.org/10.17163/soph.n13.2012.16>
- Macías, C., Mejía, L. S. y Aguilar, Y. (2015). *La experimentación mental en la formación de maestros de ciencias: una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela*. [Informe técnico de investigación, Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas]. Biblioteca digital Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/25785/1/ChaconAngel_2014_ExperimentacionFormacionMaestros.pdf

- Marcelo, C. y Vaillant, D. (2009). *Desarrollo profesional docente: ¿Cómo se aprende a enseñar?* Nancea S.A. de Ediciones.
- Martín-del Pozo, R. y Rivero, A. (2001). Construyendo un conocimiento profesionalizado para enseñar ciencias en la educación secundaria: los ámbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (40), 63-79.
- Massari, R., Peña, F. M. y Vallina, C. A. (2006). *Escuela de Cine. Universidad Nacional de La Plata*. Editorial Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de formación del Profesorado*, (40), 17-30.
- Méndez, E., Arteaga, Y. y Delgado, M. (2019). Conocimiento profesional docente en ciencias naturales: tendencias teóricas. *Areté, Revista Digital del Doctorado en Educación de la Universidad Central de Venezuela*, 5(10), 93-117.
- Mora, W. M. (2015). Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 38(2), 185-203. <https://doi.org/10.17227/01213814.38ted185.203>
- Moreno, T. (2011). Didáctica de la educación superior: nuevos desafíos en el siglo xxi. *Perspectiva educacional*, 50(2), 26-54.
- Müller, I. (1989). La primera organización de un sistema de escuelas normales en Colombia. *Revista Colombiana de Educación*, (20). 1-32. <https://doi.org/10.17227/01203916.5179>
- Muñoz, Z. E. (2018). Quiebres epistemológicos para la enseñanza de la teoría cuántica. *Revista Historia de la Educación Colombiana*, 21(21), 79-97. <https://doi.org/10.22267/rhec.182121.9>
- Muñoz-Burbano, Z. E., Narvaez, M. A., y Montenegro-Mora, L. A. (2021). Saber disciplinar en la formación de profesores en ciencias naturales: aproximaciones reflexivas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1571-1517

- Muñoz, Z. E., Solbes, J. y Ramos, G. E. (2021). La Teoría Cuántica en la educación Secundaria Colombiana: diseño de una propuesta. *Bio-grafía, Escritos sobre Biología y su enseñanza* (Número extraordinario). 1-7
- Muñoz, Z. E., Solbes, J., Marmolejo, G. A. y Ramos, G. E. (2022). *La enseñanza de la estructura atómica desde conceptos cuánticos*. Editorial Universidad de Nariño.
- Muñoz, Z. E., Ramos, G. y Narváez, M. A. (2023). Aplicación de la teoría de la relatividad en la formación del profesorado de Ciencias naturales [Ponencia], *IV Simposio Internacional sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias*. Córdoba – Colombia. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstreams/1d9c280d-a26a-4038-aebc-1d328772646a/download>
- Muñoz-Burbano, Z. E. y Cerón-Cabrera, S. Y. (2015). Formación de un espíritu científico en educación básica desde la enseñanza de las ciencias naturales. *Tendencias*, 16(1), 147-158. <https://doi.org/10.22267/rtend.151601.37>
- Muñoz-Burbano, Z. E., Solbes, J. y Ramos-Zambrano, G. (2020). Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de 'Estructura atómica de la materia' en libros de texto. *Praxis & Saber*, 11(27), 1-18. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.10754>
- Muñoz-Marín, V. M. (2021). *Propuesta de material didáctico para física y química en eso mediante el desarrollo contextualizado de secuencias de actividades relacionadas con fenómenos cotidianos* [Tesis de maestría, Universidad de Granada]. https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/69435/MunozMarin_VM_TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Núñez, G., Pereira, R., Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2007). Dificultades en la formación disciplinar de docentes de ciencias naturales. *Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE)*, (1), 1-6
- Ohanian, H. C. & Markert, J. T. (2007). *Physics for Engineers and Scientists* (3rd ed.). W.W. Norton & Co.

- Okun, L. B. (1989). The concept of mass. *Physics Today*, 42(6), 31-36. <https://doi.org/10.1063/1.881171>
- Parga, D. L. (2016). El continuo de la formación del profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, (40), 7-15. <https://doi.org/10.17227/01203916.6144>
- Pérez, H. y Solbes, J. (2003). Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1), 135-146. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3947>
- Petrucci, R., Herring, G., Madura, J. y Bissonnette, C. (2011). *Química General* (Trad. García-Pumarino, C. P. y Cabo, N. I.) (10.ª ed.). Pearson Educación.
- Pérez Celada, H. (2003). *La teoría de la relatividad y su didáctica en el bachillerato: análisis de dificultades y una propuesta de tratamiento*. Universitat de València.
- Pino-Fan, L. R. y Godino, J. D. (2015). Perspectiva ampliada del conocimiento didáctico-matemático del profesor. *Paradigma*, 36(1), 87-109.
- Porlán, R., Rivero, A. y Solís, E. (s.f.). Un modelo de formación para el cambio del profesorado de Ciencias. <https://core.ac.uk/download/pdf/51388935.pdf>
- Porlán Ariza, R., Rivero García, A. y Solís Ramírez, E. (2011). *Un modelo de formación para el cambio del profesorado de Ciencias*. Primeras Jornadas de Innovación Docente de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla.
- Porlán, R. (2018). *Enseñanza universitaria: cómo mejorarla*. Ediciones Morata.
- Porlán, R., Rivero, 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4173>
- Pospiech, G. & Schöne, M. (2014). Quantum physics in teacher education. In B. Sidharth, M. Michelini & L. Santi. (Eds.). *Frontiers of fundamental*

- physics and physics education research* (pp. 407-416). Springer International Publishing.
- Prieto, T., España, E. y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.05
- Ramírez, M. S. (2018). *Modelos y estrategias de enseñanzas para ambientes innovadores*. Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Resolución 18583. (2017, 15 de septiembre). Ministerio de Educación Nacional (MEN). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71384>
- Ricci, T. F. (2000). *Teoria da relatividade especial*. Instituto de Física UFRGS. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4097892/mod_resource/content/1/Lorentz2.pdf
- Salanova, A. (2016). *Aquí el espacio nace del tiempo* [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/63458>
- Sandoval, C. A. (2002). *Investigación cualitativa*. ARFO Editores e Impresores Ltda.
- Savall, F. (2015). *L'ensenyament problematitzat de la física quàntica en batxillerat com a instrument de millora de l'aprenentatge* [Tesis doctoral, Universidad de Alicante]. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/50556>
- Savall, F., Domènech, J. L., Martínez, J., Rey, A. y Rosa, S. (2016). La enseñanza problematizada de la física cuántica en el bachillerato y en los cursos introductorios de física. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 199-220. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6675>
- Schiller, C. (2012). *The Adventure of Physics, Vol. VI. The strand model – A speculation of unification* (31.ª ed.). Motion Mountain.
- Serway, R. A. y Vuille, C. (2012). *Fundamentos de Física, Vol. 1* (Trad. García, A. E.) (9.ª ed.). Cengage Learning.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.2307/1175860>
- Shulman, L. S. (2011). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2), 1-30.
- Silva, I. A. (2011). Indeterminismo en la naturaleza y mecánica cuántica. *Cuadernos de Anuario Filosófico*, (232), 5-99.
- Sinarcas, V. y Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 9-25. <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>
- Solbes, J., Botella, F. J., Pérez, H. y Tarín, F. (2002). Algunas consideraciones sobre la masa (o masa no hay más que una). *Revista Española de Física*, 16(1), 47-51.
- Solbes, J. y Sinarcas, V. (2009). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (23), 123-151.
- Solbes, J. y Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de enseñanza de la física*, 23(1-2), 57-84.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, (21), 91-117.
- Solbes, J. (2018). El modelo cuántico del átomo. Dificultades de comprensión y propuestas para su enseñanza. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (93), 26-33.
- Solbes, J., Muñoz, Z. E. y Ramos, G. E. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Revista Historia de la Educación Colombiana*, 22(22), 117-140. <https://doi.org/10.22267/rhec.192222.54>

- Surkov, E., Dubrovski, V. y Smorodinski, M. (2012). *El Mundo Relativista. Física al alcance de todos*. Editorial MIR Moscú.
- Tipler, P. A. y Mosca, G. (1980). *Física moderna*. Editorial Reverté.
- Torres, F. A. y Quintero, J. (2018). *La formación de educadores: una mirada cultural*. Editorial Universidad de Caldas.
- Tuzón, P. y Solbes, J. (2014). Análisis de la enseñanza de la estructura e interacciones de la materia según la física moderna en primero de bachillerato. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 28, 175-195. <https://doi.org/10.7203/dces.28.3599>
- Universidad de Nariño. (2023). *Estadísticas Udenar*. Departamento de Planeación.
- Vaillant, D. (2016). Trabajo colaborativo y nuevos escenarios para el desarrollo profesional docente. *Revista Docencia*, (60), 5-13.
- Valbuena, E. O. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)* [Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/56360>
- Vargas, D. M. (2011). *Enseñanza de la segunda ley de Newton a través de un objeto virtual de aprendizaje* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/10483>
- Vasco, C. E. (2006). *Siete retos de la educación colombiana para el periodo de 2006 a 2019*. Eduteka.
- Waldegg, G. (2002). El uso de las nuevas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *REDIE, Revista electrónica de investigación educativa*, 4(1), 1-22.
- Walker, J., Halliday, D. & Resnick, R. (2014). *Fundamentals of physics* (10th ed.). Wiley.
- Zampieri, M. T. y Javaroni, S. L. (2020). A dialogue between computational

thinking and interdisciplinarity using scratch software. *Uni-Pluriversidad*, 20(1), e2020105. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.06>

Acerca de los autores

Zulman Estela Muñoz Burbano

Doctora en Ciencias de la Educación, Universidad de Nariño y Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España; Magíster en Educación; Especialista en Docencia de la Química, Universidad de Nariño. Docencia Universitaria, Universidad Cooperativa de Colombia y Licenciada en Química, Universidad de Nariño. Actualmente, es docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y, de la Maestría en Educación de la Universidad de Nariño (Colombia). Es investigadora activa del grupo de investigación para el desarrollo de la educación y la pedagogía GIDEP, en la línea de enseñanza de las ciencias. Como interés investigativo, asume la enseñanza de la química en la educación secundaria, la formación de profesores de ciencias naturales, la enseñanza de la física y la química moderna en la educación secundaria.

María Alejandra Narváez Gómez

Doctoranda en Educación en la Universidad de Nariño y en Investigación Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Universidad de Valencia, España; Magíster en Educación de la Universidad de Nariño y Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la misma universidad. Actualmente, se desempeña como docente de pregrado y posgrado en la Universidad Mariana y la Universidad Cooperativa de Colombia, campus Pasto. Además, es investigadora activa en el grupo de investigación

para el desarrollo de la educación y la pedagogía GIDEP, así como en el Grupo de Investigación GIESUM de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad Mariana. Sus investigaciones se centran la línea enseñanza de las ciencias

Jordi Solbes

Doctor en Ciencia Físicas por la Universidad de Valencia. Catedrático de Universidad de Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Universitat de València UV. Catedrático de secundaria de Física y Química en excedencia. Es vicedecano de investigación y estudios de posgrado de la Facultat de Magisteri i coordinador de la especialidad de Física y Química del Máster de profesorado de secundaria de la UV. Es director de la revista "Enseñanza de las ciencias" y del Grupo de "Investigación en educación científica y formación del profesorado de ciencias" GIUV2013-175. Investiga en las relaciones CTS y la historia de las ciencias en la educación científica, didáctica de la física, pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas y formación del profesorado de ciencias, campos en los que ha dirigido 23 tesis doctorales, ha sido Investigador Principal de 11 proyectos de investigación con convocatoria pública y ha publicado más de 160 artículos, siendo uno de los autores españoles más citados en su área de conocimiento

German Enrique Ramos Zambrano

Doctor en Física por el Instituto de Física Teórica de la Univerdidade Estadual Paulista en Brasil Físico, Magíster en Física, Físico por la Universidad de Nariño. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Nariño. Investigador del grupo de Altas Energías.

Fernando Garzón

Doctor en Bioética Universidad El Bosque con tesis doctoral mención Summa Cum Laude. Magíster en Modelos de Enseñanza Problémica, Magíster en Educación Universidad de Nariño. Especialista Educación Sexual. Especialista en Docencia Universitaria, Licenciado en Biología. Docente Tiempo Completo Facultad de Educación Universidad de Nariño. Investigador Junior Colciencias. Es investigador activo del grupo de investigación para

el desarrollo de la educación y la pedagogía GIDEP. Director Liceo Universidad de Nariño 2018-2024. Actualmente coordinador del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales Universidad de Nariño. Docente de pregrado, especializaciones y maestrías. Ponente en seminarios nacionales e internacionales en las áreas de formación.

Lista de figuras

Figura 1.	<i>Estudiantes inscritos a licenciaturas de la Universidad de Nariño del periodo 2016 - 2023.....</i>	<i>22</i>
Figura 2.	<i>Departamento de Nariño.....</i>	<i>23</i>
Figura 3.	<i>Número de estudiantes inscritos al programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental.....</i>	<i>24</i>
Figura 4.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Conoce algunos hechos que se relacionen con la crisis de la física clásica?</i>	<i>62</i>
Figura 5.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Ha adquirido conocimientos sobre la teoría cuántica en su formación profesional?</i>	<i>64</i>
Figura 6.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Qué palabras asocia con cuántica?</i>	<i>66</i>
Figura 7.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Cómo explicaría el concepto de átomo?</i>	<i>67</i>
Figura 8.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Cómo explica el concepto de electrón?</i>	<i>68</i>
Figura 9.	<i>Respecto a la pregunta ¿Cómo explicaría el concepto de fotón?</i>	<i>70</i>
Figura 10.	<i>Respecto a la pregunta ¿Cómo explicaría el principio de incertidumbre de Heisenberg?</i>	<i>71</i>
Figura 11.	<i>Respecto al argumento: Explique cuál es la diferencia entre un sistema de coordenadas y un sistema de referencia.....</i>	<i>73</i>
Figura 12.	<i>Respecto a la argumentación: Explique qué implica que un sistema de referencia sea inercial.....</i>	<i>75</i>
Figura 13.	<i>Respecto al ítem: Explique qué implica que un sistema de referencia sea no inercial.....</i>	<i>78</i>

Figura 14.	<i>Respecto al ítem: Explique qué significa que el espacio sea relativo</i>	<i>80</i>
Figura 15.	<i>Respecto al argumento: Explique por qué se podría afirmar que el tiempo es también relativo o este es absoluto</i>	<i>83</i>
Figura 16.	<i>Respecto a la pregunta: ¿Por qué la masa de un objeto depende del movimiento de quien realiza la observación?.....</i>	<i>85</i>
Figura 17.	<i>Con respecto a la pregunta: ¿Por qué se afirma que los efectos de la relatividad son evidentes para velocidades próximas a la de la luz?</i>	<i>88</i>

Lista de tablas

Tabla 1.	<i>Licenciaturas vinculadas según Ley General de Educación de 1994.....</i>	<i>20</i>
Tabla 2.	<i>Programas ofertados por la Universidad de Nariño.....</i>	<i>20</i>
Tabla 3.	<i>Número de estudiantes participantes por cada semestre.....</i>	<i>49</i>
Tabla 4.	<i>Objetivos de la investigación, instrumentos utilizados y fuentes</i>	<i>50</i>
Tabla 5.	<i>Rejilla de análisis de microcurrículo de la licenciatura en Educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental</i>	<i>51</i>
Tabla 6.	<i>Asignaturas de Física y Química</i>	<i>52</i>

êditorial

Universidad de **Nariño**

Fecha de publicación:
San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

El libro *Formación del profesorado en Ciencias Naturales, una mirada desde la Teoría Cuántica y Teoría de la Relatividad*, es el resultado de la investigación Teoría Cuántica y Teoría de la Relatividad en la formación de Licenciados de la Universidad de Nariño, financiado por el Sistema de Investigaciones. El libro presenta un breve recorrido histórico de la formación docente en Colombia. Aborda la formación del profesorado en ciencias naturales, destacando los principales desafíos, realiza una conceptualización sobre la formación de licenciados en ciencias y su relación con el conocimiento profesional del profesor. Se fundamenta teóricamente la categoría de análisis 'Conocimiento profesional docente', contextualizando sus aportes en la formación de profesores en ciencias naturales, específicamente en lo relacionado con la enseñanza de la teoría cuántica y la teoría de la relatividad.

De igual manera, se aborda los aspectos metodológicos de la investigación, donde se adoptó un enfoque mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos, que en este caso fue el análisis documental y la aplicación de encuestas para interpretar una realidad en la enseñanza de la Teorías de la Relatividad y la Teoría Cuántica.

Finalmente, se presenta los resultados del análisis documental de los programas de curso de física y química, y del cuestionario sobre teoría cuántica y teoría de la relatividad. Se establece una relación entre la preparación que los docentes en formación adquieren y su conocimiento profesional, destacando la importancia de una preparación adecuada y que considere los avances de la ciencia para evitar limitaciones en la enseñanza, errores conceptuales y contribuir a la formación científica.

La principal conclusión que se infiere de los resultados obtenidos y de la investigación didáctica del tema, es que si se pretende actualizar la enseñanza en la educación básica en Colombia, es necesario preparar a los docentes en formación para enfrentar este desafío. Por otra parte, con respecto a la Naturaleza de la Ciencia, tanto la Teoría Cuántica como la Teoría de la Relatividad permiten tener una imagen más correcta de cómo se desarrolla el conocimiento científico.

De igual manera, se plantea que la transformación de la educación requiere una actualización de los currículos de los programas de formación de maestros en ciencias y de las teorías abordadas en la investigación, más que la carga conceptual, pues es el camino a la formación en ciencias y a la alfabetización científica.

ISBN: 978-628-7679-94-8



9 786287 679948



ai

Universidad de Nariño
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 1000225-2010 DE 2023

120 años

Universidad de Nariño

editorial
Universidad de Nariño