

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACIÓN
BÁSICA: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL PRINCIPIO
DE INCERTIDUMBRE

POR:

HENRY GRAJALES ECHEVERRY

2011246024

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN:
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÀ D.C.

AÑO 2017

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACIÓN
BÁSICA: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL PRINCIPIO
DE INCERTIDUMBRE

POR:
HENRY GRAJALES ECHEVERRY
2011246024

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO
DE LICENCIADO EN FÍSICA

ASESOR:
JUAN CARLOS OROZCO CRUZ
DOCENTE DEPARTAMENTO DE FÍSICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÀ D.C.
AÑO 2017

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA: UNA APROXIMACIÓN DESDE EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE
Autor(es)	Grajales Echeverry, Henry
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 60 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE, EDUCACIÓN MEDIA, FÍSICA MODERNA

2. Descripción
<p>Cuando hablamos de física en la educación básica y media en Colombia, hay algunos aspectos que han marcado la construcción de los modelos pedagógicos y educativos, como los currículos escolares que, en su mayoría, centran su interés en las teorías que se desarrollaron en la física hasta finales del siglo XIX¹. Vale la pena destacar que, con contadas excepciones, los contenidos propios de la física moderna no suelen ser objeto de interés, para profesores, directivos y miembros de la comunidad académica de las instituciones educativas, encargados de establecer las temáticas y mallas curriculares en los diferentes grados de la básica y media en Colombia.</p> <p>Por esta razón, esta investigación se centrará en la problemática de la enseñanza de la física moderna para la educación básica y se discutirá la posibilidad de incorporar en los contenidos curriculares² temas que hagan alusión a los desarrollos científicos y tecnológicos relacionados con estos asuntos. Para tales efectos, se elaborará un recorrido histórico del surgimiento de la física de finales del siglo XIX hasta principios del siglo XX, a partir de los planteamientos de autores representativos en el campo de la física en este lapso de tiempo. Al hacerlo, se procurará poner en contacto a los estudiantes con otra mirada de la ciencia que contribuyó decididamente a las grandes transformaciones culturales, técnicas y sociales que se han incorporado a su diario vivir. Se propone, en este sentido una aproximación a contenidos más complejos pero que retan a los estudiantes a comprender la imagen física de la naturaleza en su vida cotidiana.</p>

¹ Mecánica Newtoniana y Electromagnetismo de Maxwell

² Para ampliar esta información dirigirse a los anexos o a la siguiente página web <http://www.iерdsimonbolivar.edu.co/Templates/estandarescurriculares.pdf>. en la Página 95

3.Fuentes

Ayala, M. M. (2006) Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Grupo Física y Cultura, Profesora Depto de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Ayala Manrique (1992) La enseñanza de la Física para la formación de profesores de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, 14(3), 153-157.

Bohr, N., & Melgar, M. F. (1988). La Teoría atómica y la descripción de la naturaleza: cuatro ensayos precedidos de una introducción. Alianza Editorial.

Cotachira E. & Guaquetá I., (1997) El método histórico crítico y la enseñanza de tópicos de física moderna: interpretación del efecto fotoeléctrico. Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional

De-Geus y García M. (1987) Introducción a la física moderna. Universidad Nacional de Colombia.

Gómez (2008) Física cuántica, un camino con corazón Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional. Colombia

Heisenberg, W., Gabriel, A., & Pascual, F. (1969). La imagen de la naturaleza en la física actual. Seix Barral.

Heisenberg W. (1930) The Physical Principles Of The Quantum Theory. Publicado en The University Of Chicago Press in 1930.

Heisenberg W. (1979) Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos. Editorial Libro de Bolsillo.

Jaramillo Zapata, J. E., Arroyave Echavarría, J. E., & Higuera Giraldo, J. D. (2012). Una Aproximación Al Despertar De La Enseñanza De La Física En El Nivel Medio En Colombia.

Macías Foronda (2014) La experimentación mental en la formación de maestros en ciencias: Una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela. Universidad de Antioquia. (Macías Foronda, 2014)

Moreira, M. A. & Ostermann, F. (1999). Física contemporánea en la escuela secundaria: Una experiencia en el aula involucrando formación de profesores Enseñanza de las Ciencias, 18(3), 391-404

Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Bogotá. Ministerio de Educación Nacional.

Roldán Santamaría (2010) El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC's) en la enseñanza de la física moderna. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación Universidad de Costa Rica.

Sánchez Ron, J. M. (1995). Las filosofías de los creadores de la mecánica cuántica.

Sepúlveda (1994) Un acercamiento a la enseñanza del principio de incertidumbre a partir de un análisis conceptual. Tesis de grado Universidad Pedagógica Nacional

Sinarcas, V., & 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.

Vicario, J. E., & Venier, F. (2010). La enseñanza de la física moderna, en debate en Latinoamérica. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, 20, 49-57.

4. Contenidos

Este trabajo consta de cuatro capítulos en los cuales se desarrolla el argumento central sobre la enseñanza de la física moderna en la educación básica y media en Colombia. Así pues, en el primer capítulo, se da una imagen de todos los preliminares que se tuvieron en cuenta para la elaboración de esta propuesta de investigación, como: antecedentes, planteamiento del problema, objetivo general y objetivos específicos, así como el marco metodológico. En el siguiente capítulo se establece una mirada general a la forma de enseñar las ciencias naturales y en el caso particular que nos compete, los contenidos de la física; además, se hace alusión a las investigaciones hechas en torno a la enseñanza de la física moderna a nivel América.

Por otro lado, en el tercer capítulo se hace una contextualización de saberes para referirnos a la construcción teórica y experimental del principio de incertidumbre, planteado por Werner Heisenberg y justificado por la comunidad científica de principios del siglo XX. Ya para finalizar, en el capítulo cuatro, proponemos el principio de incertidumbre como una herramienta metacognitiva para la enseñanza de la física moderna en la educación básica y media en Colombia. A modo de conclusión, en el capítulo de cierre, se desarrollan las reflexiones y aprendizajes que suscita este trabajo, junto a los anexos.

5. Metodología

Lo escrito en este documento puede situarse según las características y procesos que se llevaron a cabo, en una Monografía. Esto, teniendo en cuenta que desde un tema específico de interés se abordaron fuentes teóricas para profundizar y desde una mirada crítica problematizar el campo de la enseñanza de la física moderna. De igual forma, se leyeron diferentes fuentes teóricas, como documentos, artículos y textos escolares para mirar si los contenidos de la física moderna son o no tenidos en cuenta. Así mismo, desde el principio de incertidumbre como herramienta metacognitiva se leyeron fuentes primarias para hacer un recorrido histórico y experimental que de paso a la enseñanza de esta temática.

De otro lado, se identifica para este trabajo una metodología desde el análisis hermenéutico como base fundamental, debido a que los textos y referentes consultados han sido sometidos a un proceso de comprensión e interpretación, que nos dé una mirada clara de los contenidos de la física moderna que puedan ser enseñados en la escuela media en Colombia, como el principio de incertidumbre propuesto por el físico alemán Heisenberg.

Tal como lo plantea Cárcamo V (2005, p.206) “la hermenéutica puede ser asumida a través de un método dialéctico que incorpora a texto y lector en un permanente proceso de apertura y reconocimiento” es decir, que cuando se realizaron las lecturas de los diferentes documentos se estaba dando apertura a las temáticas e investigaciones según el interés propuesto, y el reconocimiento de estos aspectos permite que se construyan referentes claros para que los maestros consideren en la enseñanza de sus asignatura los contenidos de la física moderna.

6. Conclusiones

- Tener claro que, aunque al plantear contenidos propios de física moderna en la educación básica y media, es relevante el formalismo matemático de cada uno de estos conceptos planteados, el estudio de los fenómenos cuánticos y relativistas hacen parte de la naturaleza y de la vida cotidiana de los estudiantes, pues se presenta una necesidad de ampliar las posibilidades de acceder y discutir los problemas, fenómenos, explicaciones y aportes de la física moderna, en particular las teorías cuánticas, de los estudiantes de educación básica y media. Lo que presupone una modificación significativa de los currículos y una disposición diferente frente a la ciencia y a la enseñanza de la misma, por parte de los maestros.
- En este sentido, es de gran aporte motivacional que las nuevas generaciones se involucren en los estudios de la ciencia exacta y en específico en las licenciaturas en física, poniendo en discusión los interrogantes que les surge desde su contexto hacia las clases escolares, de manera que se establece un diálogo con el maestro, y los procesos de enseñanza y aprendizaje son cada vez más significativos.
- Al interactuar en el aula de clase, con estudiantes de básica y media tener claro que el uso de herramientas tecnológicas pueden hacer la diferencia en el aprendizaje cognitivo que tiene cada estudiante. En el sentido de que cada persona tiene una manera diferente de aprender.
- Frente a los desarrollos del principio de incertidumbre, es posible proponer la inclusión de contenidos relacionados con los cinco experimentos expuestos anteriormente en los fundamentos teóricos y experimentales, como base para la comprensión de una fenomenología que puede ser interesante para los estudiantes, profesores y directivos en las instituciones educativas. Así mismo, da paso a la comprensión de nuevos fundamentos teóricos, que no necesariamente tienen que estar en el último apartado de los textos de estudios o en los currículos propuestos para la asignatura de física.

- El papel que juega el docente en el aula de clase no solo se limita a dictar unos contenidos en el tablero o hacer experimentos, también debe estar en plena capacitación en el uso de las nuevas herramientas tecnológicas. Así, podrá siempre dirigir la asignatura de ciencias naturales, de una forma que motive al estudiantado, para que así las clases sean agradables y alegres tanto para el profesor como para los alumnos.

Elaborado por:	Henry Grajales Echeverry
Revisado por:	Juan Carlos Orozco Cruz

Fecha de elaboración del Resumen:	07	06	2017
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CAPITULO I: PRELIMINARES DE INVESTIGACIÓN	
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Planteamiento Del Problema.....	8
2.3 Objetivo General.....	10
2.4 Objetivos Específicos.....	10
2.5 Marco Metodológico.....	11
3. CAPÍTULO II: DESARROLLO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
3.1 Enseñanza de la física moderna en la educación básica y media en Colombia.....	12
3.2 Investigaciones hechas alrededor de la enseñanza de la física moderna en Colombia y parte de Sudamérica.....	16
4. CAPÍTULO III: CONSIDERACIONES HISTÓRICAS Y EXPERIMENTALES DEL TRABAJO DE HEISENBERG	
4.1 Planteamiento histórico-filosófico para el origen de la física moderna.....	21
4.2 Principios de la teoría cuántica de Werner Heisenberg.....	28
5. CAPÍTULO IV: EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE: UNA HERRAMIENTA METACOGNITIVA PARA INCORPORAR LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACION BASICA	
5.1 Antecedentes desde la indagación en libros de texto.....	34
5.2 Lineamientos propuestos para la enseñanza de la física moderna.....	40
6. REFLEXIONES FINALES.....	44
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
8. WEB GRAFIA.....	49
9. ANEXOS.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de física en la educación básica y media en Colombia, hay algunos aspectos que han marcado la construcción de los modelos pedagógicos y educativos, como los currículos escolares que, en su mayoría, centran su interés en las teorías que se desarrollaron en la física hasta finales del siglo XIX³. Vale la pena destacar que, con contadas excepciones, los contenidos propios de la física moderna no suelen ser objeto de interés, para profesores, directivos y miembros de la comunidad académica de las instituciones educativas, encargados de establecer las temáticas y mallas curriculares en los diferentes grados de la básica y media en Colombia.

Por esta razón, esta investigación se centrará en la problemática de la enseñanza de la física moderna para la educación básica y se discutirá la posibilidad de incorporar en los contenidos curriculares⁴ temas que hagan alusión a los desarrollos científicos y tecnológicos relacionados con estos asuntos. Para tales efectos se elaborará un recorrido histórico del surgimiento de la física de finales del siglo XIX hasta principios del siglo XX, a partir de los planteamientos de autores representativos en el campo de la física en este periodo. Al hacerlo se procurará poner en contacto a los estudiantes con otra mirada de la ciencia que contribuyó decididamente a las grandes transformaciones culturales, técnicas y sociales desde el área de la física moderna. Se propone, en este sentido, una aproximación a contenidos de la física que retan a los estudiantes a comprender y analizar la imagen de la naturaleza en su entorno.

De entrada, no se puede desconocer que “la física clásica de Newton y Maxwell, goza de un lugar privilegiado entre los docentes y por supuesto en el currículo; debido a que la enseñanza de la física se reduce a las teorías clásicas, relegando un espacio minúsculo en el último año y en el último período a la física moderna “y eso si queda tiempo”” (Macías Foronda, 2014, p.8) Es así, que se ve reflejado un reduccionismo y

³ Mecánica Newtoniana y Electromagnetismo de Maxwell

⁴ Para ampliar esta información dirigirse a los anexos o a la siguiente página web <http://www.ierdsimonbolivar.edu.co/Templates/estandarescurriculares.pdf>. en la Página 95

una monotonía en la enseñanza de la física a nivel escolar en Colombia. Sin dejar pasar que aquí el problema no son las teorías clásicas ni modernas, aquí se le debe dar el espacio a las dos en los modelos curriculares.

Es de destacar, la ausencia de las temáticas que ofrece la física moderna y que a pesar de que estos desarrollos fueron construidos hace más de un siglo, aún no se incluyen en los estándares para la excelencia en la educación colombiana y gran parte de Sudamérica. De esta forma los estudiantes se ven inmersos en temáticas que solo hacen alusión a la física newtoniana y al electromagnetismo que se plantea al principio del siglo XIX, que en algunos casos se preguntan ¿para qué me sirve la física en mi vida? y empieza a generarse un desinterés a la hora de aprender e investigar nuevos conceptos en relación con los desarrollos científicos y tecnológicos que tiene la ciencia en la actualidad.

Así mismo, se ha considerado que las temáticas de la física moderna son complejas y abstractas para los estudiantes de la básica y media; y que esta complejidad rebasa sus capacidades para entenderlas; no obstante, se desconoce que la enseñanza de la física clásica presenta una serie de dificultades para los estudiantes que ven los contenidos abstractos y sin ninguna relación con su entorno o con experiencias previas, lo que obstaculiza sus procesos de aprendizaje como lo resalta (Moreira, 1999).

Este desinterés que se nota en los estudiantes, también se ve reflejado en los maestros del área de física. Es así, que en su currículo de enseñanza de la física no se incorporan contenidos de la física moderna. No resulta extraño, entonces, que muchos estudiantes al terminar su formación básica, no se dan por enterados de los contenidos propios de física moderna ya mencionados.

Al respecto conviene decir que, en el nivel escolar es de suma importancia promover la motivación en los estudiantes generándoles inquietudes, preguntas y de más herramientas que puedan servir de apoyo para el aprendizaje de la física. Y así, los estudiantes se apropien de los contenidos propuestos por el maestro de ciencias, en

este caso hablando del área de física, se proponen actividades experimentales que ilustren las relaciones que hay con la teoría y el proceso práctico para cada una de las temáticas, incluido la observación y el estudio de los fenómenos que se hacen en la parte introductoria (Nacional, 2006)

Además, por parte del docente se requiere tener un pleno interés por las actividades académicas y los niveles metacognitivos que puedan desarrollar los estudiantes. Las comprensiones que se abordarán en las temáticas planteadas en la construcción de la física moderna, pueden brindar un mejor aprendizaje de la física a los estudiantes. Por eso, resulta de interés considerar una aproximación conceptual desde el campo filosófico e histórico a estos contenidos y, en lo específico de este trabajo de grado, el principio de incertidumbre se toma como una herramienta cognitiva para entender el comportamiento de la naturaleza desde la mirada de la mecánica cuántica, planteada por el físico Alemán Werner Heisenberg y teniendo en cuenta las discusiones que dicho principio suscitó entre algunos de los científicos más representativos de la física de principios del siglo XX.

2. CAPITULO I:

PRELIMINARES DE INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes

Cabe señalar que, en relación con este tema de investigación, las propuestas no son nuevas. En particular, en la Universidad Pedagógica Nacional se encuentran trabajos monográficos desde hace dos décadas. Si bien son significativamente pocos frente a las investigaciones en temas de la mecánica clásica. En el caso que nos ocupa, se consultaron diferentes monografías de pregrado del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional, bases de datos, libros y artículos relacionados con las temáticas a investigar; en primer lugar, se encuentra la monografía de pregrado de

Jorge Humberto Rincón Sepúlveda (1997) “Un acercamiento a la enseñanza del principio de incertidumbre a partir de un análisis conceptual”. Bogotá D.C. Colombia, Universidad Pedagógica Nacional. En este trabajo se plantea una aproximación de la enseñanza de la física moderna con sus respectivos lineamientos educativos desde una perspectiva del principio de incertidumbre. En este trabajo se destaca el esfuerzo por hacer claridad en la conceptualización general de los planteamientos históricos y epistemológicos que dieron origen para la construcción de una nueva teoría llamada mecánica cuántica. Incluye una serie de orientaciones claras de cómo se puede plantear en diferentes modelos educativos la enseñanza de la física moderna desde la imagen del principio de incertidumbre con el motivo de introducir las nuevas ideas planteadas por Heisenberg.

En un segundo lugar se encuentra la monografía de pregrado de los profesores Cotachira E. & Guaquetá I., (1997). El método histórico crítico y la enseñanza de tópicos de física moderna: interpretación del efecto fotoeléctrico. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Pedagógica Nacional. Nos habla que como futuros docentes tenemos que generar nuevas alternativas pedagógicas y cognitivas para establecer el papel que desempeña la enseñanza de la física moderna para mejorar la construcción de conocimiento científico en el contexto educativo.

Una tercera monografía de pregrado hecha por los profesores Marcela Iriarte Parra y Maritza Rincón Martínez (1997) Física cuántica, un camino con corazón. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Pedagógica Nacional. Esta monografía nos habla de las implicaciones que tiene la física moderna en la formación de docentes y hace una descripción de la realidad en nuestro entorno natural. Dándonos a conocer una nueva teoría atómica desde una mirada filosófica.

Sin salirnos de los trabajos hechos en el departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional. Tenemos que considerar las siguientes dos monografías de

grado, por un lado, la investigación hecha por Deiberth Sebastián Guayara Moreno (2017) La enseñanza de la teoría especial de la relatividad: reglas fijas y relojes con estudiantes de grado séptimo. Que plantea, “En lo concerniente a este trabajo, se quiere cuestionar la supremacía de la física clásica en el ámbito educativo colombiano y mostrar que sí es posible llevar la física moderna al colegio, con estudiantes que no hayan tenido contacto con la física como materia y mostrar así la independencia que tiene la física moderna de la física clásica” (Deiberth Sebastian , 2017) (p.15); y por otra parte tenemos el trabajo de Julián David Martínez Medina (2015) Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell. Como tal, este trabajo aporta en la medida en que establece algunos criterios para el uso de fuentes primarias, en particular, los escritos de los científicos, por parte de los maestros de ciencias, a partir de la noción de recontextualización.

En este orden de ideas, tenemos los trabajos hechos en alusión a la enseñanza de la física moderna en diferentes regiones del país. Tenemos la monografía de Catalina Milena Macías Foronda (2014) La experimentación mental en la formación de maestros en ciencias: una alternativa para la enseñanza de la física moderna. Medellín. Colombia. Universidad de Antioquia. La forma como se plantea la enseñanza de la física moderna en el desarrollo de esta tesis, da pie para ampliar los estudios relacionados con el cambio de los modelos curriculares en la educación básica y media en Colombia. Brinda una imagen de los lineamientos que se pueden mejorar en los modelos educativos en este país y parte de Sur América. Dedicó una buena parte de su investigación a la formación de docentes en ciencias como una alternativa de la enseñanza de la física moderna en el mundo actual.

Una segunda mirada a las investigaciones a nivel nacional es la monografía de los profesores Anyul Steak Figueroa Moya y Johan Camilo Orjuela Rodríguez (2015) La enseñanza de la física moderna en la educación media una aproximación. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Nos da un acercamiento de

cómo el uso de las nuevas tecnologías y avances científicos en Colombia y principalmente en la ciudad de Bogotá, no están exentos del uso de estas herramientas que para su funcionamiento requieren de las teorías planteadas a principios del siglo XX conocidas como física moderna: Mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Es por esto que ponen como primera medida la importancia que se le da al saber qué tipo de contenido se están impartiendo en el aula de clase en alusión a la física moderna, y como estos contenidos se pueden apoyar desde los libros de texto.

En el campo internacional cabe destacar una serie de artículos especializados relacionados con la enseñanza de contenidos de física moderna, se tiene el trabajo de los profesores Osterman & Moreira (1999) Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Nos da una imagen Latinoamericana de la importancia de incorporar tópicos propios de la física moderna en la educación básica y se plantea lo siguiente “Es necesario motivar a los jóvenes para la carrera científica. Son ellos los futuros profesores e investigadores en física. La física moderna y contemporánea es la que más puede influenciar a los estudiantes a elegir física como carrera profesional” (p.391).

Siguiendo con las consultas en torno a la física moderna, nos encontramos con un trabajo ubicado en Centroamérica por la profesora Leda Roldán Santamaría (2010) El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC's) en la enseñanza de la física moderna. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación Universidad de Costa Rica. Este trabajo hace alusión al uso y la forma como los estudiantes pueden aprovechar al máximo las nuevas herramientas de la información “NTICs” “Estas tienen como objetivo aportar claridad para conceptos aún más abstractos. El surgimiento de nuevos conocimientos, especialmente Internet, está transformando las posibilidades de acceso a la información en el mundo entero, cambiando nuestra manera de comunicarnos y también las rutinas diarias en los ámbitos de trabajo” Roldán Santamaría, (2010 p. 5-6).

Para podernos sumergir en la historia y en el formalismo que se dio en la construcción de la mecánica cuántica, nos vamos a fijar en el trabajo hecho por la profesora María Mercedes Ayala (2006) que alimenta el enfoque metodológico del cuerpo de esta investigación. Titulado: Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. construyendo un nuevo espacio de posibilidades la profesora María Mercedes Ayala en su escrito nos enseña de una manera útil el uso de los estudios histórico críticos y la recontextualización de saberes para el análisis y la comprensión de la enseñanza de la física a través de la historia.

Por cuanto la aproximación histórico-crítica es fundamental para los trabajos que, como esta monografía, abordan problemas de análisis conceptual en relación con la enseñanza de las ciencias y de los contextos culturales, también constituyen referentes a considerar el artículo del profesor José Manuel Sánchez Ron (1995) Las filosofías de los creadores de la mecánica cuántica. Universidad Autónoma de Madrid. Como tal, este artículo nos muestra una parte importante desde una recontextualización de la mecánica cuántica con una mirada filosófica de los principales protagonistas de la física de principios del siglo XX, como los son: Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger entre otros. Que dan paso a la nueva teoría llamada mecánica cuántica y a formulación de una nueva teoría como la mecánica matricial y el principio de indeterminación de Heisenberg.

Lo anteriormente mencionado, da pie para poder analizar el entorno de la construcción del principio de incertidumbre y de una imagen de la física desde finales del siglo XIX. Un trabajo matemáticamente más formal, lo hace el científico alemán, Werner K. Heisenberg (1930) The physical principles of the quantum theory. este libro nos brinda una imagen del desarrollo planteado por Heisenber en alusión a la mecánica cuántica, dando origen a una nueva forma de ver el mundo físico con relación al comportamiento

de la materia a nivel atómico. Es por esto que se toma como una contextualización matemática y teórica para la construcción de partes específicas en esta investigación.

Desde este punto de vista, tenemos un trabajo más de tipo filosófico, y complementando el texto anterior, se encuentra el libro de Werner K. Heisenberg (1977) Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos. Como tal, este libro da una imagen de los primeros desarrollos y fundamentos de una nueva teoría en la física llamada mecánica cuántica, que dio sus orígenes a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Este trabajo nos da una contextualización del principio de incertidumbre en palabras textuales de Heisenberg y de la forma que Albert Einstein hace sus conclusiones sobre este nuevo principio. Proporcionando una información de primera mano sobre el origen del principio y de las diferentes críticas que se pudieron por la comunidad científica de la época.

Para terminar, no podíamos dejar a un lado las investigaciones hechas y planteadas en la recontextualización de saberes, en el formalismo de la mecánica cuántica, y es el artículo del físico danés Niels Henrik David Bohr (1925) La teoría atómica y la descripción de la naturaleza. nos narra el desarrollo que se dio en la física desde la época de Arquímedes hasta los trabajos que hace Albert Einstein con su teoría de la relatividad. Dándonos un claro panorama de los adelantos y nuevas teorías físicas.

Sabemos bien que los antecedentes mencionados nutren la investigación y se toman como pertinentes para el desarrollo y totalidad del escrito planteado, sin embargo, se deben tener como presentes los pensamientos y criterios en cada una de las temáticas planteadas en las diferentes monografías, artículos y libros mencionados en los antecedentes de esta investigación.

2.2 Planteamiento Del Problema

En la enseñanza de la física en la educación colombiana, se debe tener como primer fundamento, caracterizar el tipo de análisis histórico-crítico que se debe plantear en cada uno de los temas de la malla curricular, con el fin de orientar los procesos y actividades que involucren la recontextualización de saberes para la formación en física. Dar importancia a lo que históricamente se atribuye a la emergencia de las ideas, conceptos y teorías que se organizan bajo el nombre de Física Moderna. Con respecto a la extrañeza que representa, que después de un siglo del surgimiento de estas teorías, su incorporación a los currículos escolares y la investigación en torno a su enseñanza siguen siendo marginales en el contexto Latinoamericano y, en particular, en Colombia.

En este sentido, llama la atención que aún no se consideran estas temáticas dentro de los estándares para la excelencia en Colombia⁵, pero que sí se evidencia en las pruebas de estado, donde algunas preguntas hacen alusión a la física moderna sin una previa enseñanza. Esto implicaría, que los estudiantes no estarían preparados para dar solución a dichos problemas en este tipo de evaluaciones.

Más aún, entendiendo desde la perspectiva de derechos, la escuela estaría omitiendo contenidos importantes para la formación de los ciudadanos contemporáneos que les permita comprender los desarrollos en las revoluciones técnicas, científicas y en los avances de la sociedad en general que se dan en términos de la electrónica, las nuevas tecnologías, la informática y que se constituyen en factores estratégicos para los ciudadanos del siglo XXI.

Por ende, es pertinente la elaboración de este ejercicio investigativo, ya que, vivimos en una era cuántica que nos justifica avanzar en la enseñanza de la física moderna en la escuela, lo que implica que, los futuros licenciados en física puedan incorporar en sus clases los contenidos que sobre física moderna han estudiado en su proceso de

⁵ Estos estándares para la excelencia hace poco se conocen con el nombre de Derechos Básicos de Aprendizaje.

formación⁶. Que con relación a sus contenidos pueden plasmar en sus clases ideas claras de cómo abordar y enseñar algunos de los temas relacionados con la física que se viene desarrollando desde principios del siglo XX.

En otras palabras, la escuela debería contribuir a que los estudiantes construyan una imagen del mundo físico más consecuente con aquella que tiene el mundo contemporáneo, esto se da a reflejar en la vida cotidiana, por ejemplo: los jóvenes compran o adquieren nuevas tecnologías que van de la mano con procesos cuánticos, como fenómenos de principios del siglo XIX hasta llegar hablar de celulares, computadores, tablets y algunos otros aparatos domésticos que ven en su entorno.

De esta manera nos planteamos la siguiente pregunta problema para el desarrollo pertinente de la investigación: ¿Qué criterios se pueden derivar para la enseñanza de la física moderna en la educación básica, desde las conceptualizaciones y reflexiones que se dieron en la formulación del principio de incertidumbre?

En consecuencia, es de mi interés abordar específicamente uno de los desarrollos que, en el contexto de construcción de la física moderna, contribuyó a cambiar la imagen del mundo físico que se tenía en el contexto de la mecánica clásica hacia una nueva imagen que es llamada mecánica cuántica. Estos desarrollos se corresponden con la formulación del principio de incertidumbre de Werner K. Heisenberg.

2.3 Objetivo General

Proponer criterios que permitan trabajar contenidos de la física moderna con estudiantes de educación básica, a partir de un análisis en torno a las conceptualizaciones y reflexiones que se dieron en le formulación del principio de incertidumbre de Heisenberg

⁶ Se toma como referentes los contenidos académicos de tres licenciaturas en física y matemáticas en Colombia. La Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Distrital y Universidad Tecnológica de Pereira, ver contenido en anexos.

2.4 Objetivos Específicos

- ✓ Indagar en el contexto iberoamericano acerca de las investigaciones que ponen de presente las dificultades, los problemas, la ausencia de los temas y contenidos relacionados con la física moderna en los currículos de enseñanza de la educación básica y en general en la media.
- ✓ Realizar un estudio histórico-crítico en torno a la construcción del principio de incertidumbre de Heisenberg
- ✓ Proponer una serie de criterios para la inclusión de temas relacionados con la física moderna en la educación básica y media que contribuyan a resolver las carencias y dificultades identificadas

2.5 Marco Metodológico

Lo escrito en este documento puede situarse según las características y procesos que se llevaron a cabo, en una Monografía. Esto, teniendo en cuenta que desde un tema específico de interés se abordaron fuentes teóricas para profundizar y desde una mirada crítica problematizar el campo de la enseñanza de la física moderna. De igual forma, se leyeron diferentes fuentes documentales como: conferencias, artículos científicos y de divulgación, para evidenciar si los contenidos de la física moderna se tienen en cuenta para la enseñanza en la asignatura de física, o no. Así mismo, desde el principio de incertidumbre como herramienta metacognitiva se leyeron fuentes primarias para hacer un recorrido histórico y experimental que contribuya de paso a la enseñanza de esta temática.

De otro lado, se identifica para este trabajo una metodología desde el análisis hermenéutico como base fundamental, debido a que los textos y referentes consultados han sido sometidos a un proceso de comprensión e interpretación, que nos dé una mirada clara de los contenidos de la física moderna que puedan ser enseñados

en la escuela media en Colombia, como el principio de incertidumbre propuesto por el físico alemán Heisenberg.

Tal como lo plantea Cárcamo V (2005, p.206) “la hermenéutica puede ser asumida a través de un método dialéctico que incorpora a texto y lector en un permanente proceso de apertura y reconocimiento” es decir, que cuando se realizaron las lecturas de los diferentes documentos se estaba dando apertura a las temáticas e investigaciones según el interés propuesto, y el reconocimiento de estos aspectos permite que se construyan referentes claros para que los maestros consideren en la enseñanza de sus asignaturas los contenidos de la física moderna.

3. CAPÍTULO II:

DESARROLLOS RELACIONADOS CON EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Enseñanza de la física moderna en la educación básica y media en Colombia.

Para dar introducción a este apartado, es importante considerar algunos preliminares que permiten comprender cómo los contenidos enseñados en la básica y media, van condicionando las formas de ser y de actuar en la vida real; ya que, a propósito de la enseñanza de la ciencias en Colombia, se hace notable la monotonía al impartir conocimientos con un carácter instruccional, que en momentos limita el desarrollo de conocimientos en los estudiantes para enfrentar diferentes situaciones de la vida cotidiana, lo cual podría contribuir para que día a día vean la educación como una herramienta que les permita afrontar nuevos retos.

Así, lo anterior se ve reflejado en las ideas de los estudiantes al considerar, por ejemplo, que el espacio de la física es una asignatura muy difícil, que no les gusta o que simplemente se reduce a aprender algoritmos y datos que se plantean para responder a las preguntas de unas pruebas de estado. Dado que, tales pruebas dan

garantía a las instituciones educativas de mantener un buen ranking o darse un estatus entre los mejores colegios a nivel Nacional o Departamental. Éste es uno de tantos motivos que condicionan las temáticas que deberían ver los estudiantes en el transcurso del año, para completar un nivel adecuado de conocimiento y competencias bajo los parámetros de las exigencias del Estado.

Por consiguiente, los modelos educativos que se privilegian en la escuela se encuentran un poco anticuados y con contenidos repetitivos en cada año, enfocados en la física clásica, según el planteamiento de (Jaramillo Zapata, López Ríos, Higuera Giraldo, & Arroyave Echavarría, 2012) “donde claramente se ha enmarcado todo el contenido curricular en la Física clásica dejando de lado la antiquísima Física moderna (a saber: teorías como la relatividad y la mecánica cuántica), y con mayor razón la Física contemporánea (Teoría de cuerdas, entre otras)” (p. 427) es de notar cómo la mecánica clásica y el electromagnetismo son prioridad en las clases de física en la educación media.

Por otro lado, se suma la falta de interés que ponen directivos y docentes del área de ciencias naturales para innovar los modelos educativos, incorporando planes de estudios actualizados y temáticas que a pesar de que surgen hace más de un siglo las hemos dejado para el final de los libros de texto como se podrá evidenciar más adelante. Pues todo esto requiere proponer otro tipo de estrategias para la enseñanza, donde no se remita sólo a la explicación de ejercicios desarrollados en el tablero; por el contrario, es indispensable buscar los medios y recursos necesarios para dar a conocer contenidos de la física moderna donde los estudiantes lleguen a conclusiones e hipótesis por si mismos.

Para ahondar en este tema, se retoman reflexiones hechas por docentes que son formadores de educadores, ya que sus saberes son importantes para acercarse a la reflexión en torno a la forma cómo se está enseñando las ciencias naturales en las

instituciones educativas. Al respecto, el siguiente planteamiento se obtiene del profesor Universitario Germán Bautista⁷ quien expone lo siguiente:

El propósito de la educación debería ser formar la población en los valores del grupo social en donde está. Tener un entorno socio cultural en donde esté, no el de formar personas que sean capaces de ser obreros, de hacer cosas. Solo para producir gente que produzca cosas. Para mí, el valor de la educación básica es la formación de las personas en los valores, principios, la manera como se asume frente a la naturaleza y la formas de ver el mundo frente a un grupo social (Bautista German , 2016).

Bajo esta mirada que nos ofrece el profesor Bautista, se podría concluir que la educación en Colombia y en diferentes países de América, fijan la mirada en la formación de los jóvenes con un carácter empresarial y con mayor capacidad de producir en el campo de la industria moderna; dejando a un lado los principios y valores morales que deberían ser enseñados y practicados en el entorno con los demás compañeros, así como las herramientas necesarias para desenvolverse en la actual sociedad. Por tanto, este primer capítulo pone como presente que la educación en Colombia, debería enfocarse primero a formar ciudadanos capaces de convivir con sus congéneres y con la naturaleza, y luego de esto si dedicarse a contenidos y actividades más especializados que puedan ponerse en práctica dentro del entorno singular de cada sujeto. Esto plantea retos inéditos a las posibilidades que puede brindar la enseñanza de las ciencias, en tanto estas últimas han contribuido de la mano de la tecnología a las grandes transformaciones de la sociedad durante el siglo XX y lo que va del siglo XXI.

Por otro lado, es importante hacer un acercamiento a los estándares básicos de competencias del Ministerio de Educación Nacional. para poder dar una serie de opiniones y reflexiones a lo que conlleva; de que muchos maestros no estén en la

⁷ Está cita, fue hecha mediante la entrevista al profesor Germán Bautista Romero, docente del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional.

autoridad de modificar su currículo educativo en el área de ciencias o en cualquier otra asignatura, porque en lo descrito por el (Ministerio de educación Nacional , 2006) solo llegan hasta un contenido de “relación voltaje y corriente con los diferentes elementos de un circuito eléctrico complejo y para todo el sistema”⁸

Lo cual, es relevante para evidenciar cómo el maestro se ve limitado en la enseñanza de la física, según como lo plantea la profesora (Macías Foronda , 2014) En palabras de Ostermann y Moreira,

“Hay un consenso en que una mejor actuación de los profesores puede reflejar en el aprendizaje de los alumnos, contribuyendo a aumentar la calidad del proceso como un todo” (2000, pág. 395). Currículos y planes de estudio de los programas en formación de maestros, que son pobres en estas temáticas, le han cerrado las puertas a la física moderna en la escuela; y es que la escasa preparación hace que el maestro no se sienta competente, y con un currículo en la escuela que tampoco se lo exige, sencillamente, se opta por no “ponerle más ruido al asunto”.

Esto se ve reflejado a la hora de plantear nuevas ideas, donde el maestro debe regirse a los estándares o en ocasiones a un currículo ya establecido en la institución educativa. Es por esto, que nuestro estudio se hace pertinente, ya que consideramos la física moderna, como una herramienta de aprendizaje y de motivación para la nueva generación de estudiantes del siglo XXI que tienen todas las ventajas de investigar y estar al orden del día con el uso de las nuevas herramientas tecnológicas.

Al respecto, se observa que la enseñanza de la física en pleno siglo XXI, se restringe a clases donde se dicta siguiendo libros de texto sin ningún apoyo de material didáctico y tecnológico. En algunas ocasiones no sólo los estudiantes se ven cortos de herramientas tecnológicas en sus casas y escuelas para indagar y hacerse preguntas que en muchas oportunidades los docentes no comprenden y para las cuales no tienen

⁸ La totalidad del contenido de los estándares en el área de física se pueden observar en los anexos

respuesta oportuna. Es de entender que en momentos se les hace más fácil a los estudiantes que a los docentes, el manejo de las nuevas tecnologías, pero esto podría utilizarse a favor de la enseñanza, por ejemplo, motivando a los estudiantes para que indaguen y amplíen la información, realizando aportes importantes en las clases.

Como hemos recalcado en este primer capítulo de cómo se enseña física en la educación básica, tenemos que decir que no todo puede ser malo y no todos los docentes se rigen a lo que plantean los currículos escolares. A modo de ejemplo, en el mismo departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional se ha dejado claro que muchos colegas docentes si enseñan contenidos propios de física moderna y que es de una gran motivación para los estudiantes de la básica y de una gran inquietud para los estudiantes de la media que lo ponen como presente para su propia investigación.

Un punto a tener en cuenta es que en muchos casos escolares y también en las universidades, los docentes de física son ingenieros o matemáticos, en este sentido, no se puede contar con temáticas que hagan alusión a los contenidos propios de la física moderna. En el sentido de que en algunas carreras de ingeniería y de matemática no se ve mecánica cuántica, ni teoría de la relatividad, dejando así un vacío en los docentes a la hora de dictar física en la educación básica y media, pues no han visto estos contenidos en su pregrado, de todas maneras, no quiere decir que sean todos los profesores de estas dos áreas del conocimiento.

Desde otra perspectiva, se ha observado en la enseñanza de la física, especialmente los contenidos de la física moderna, cómo los maestros presentan algún temor de innovar en la temática y en las actividades curriculares por encontrar vacíos en los estudiantes frente a conocimientos matemáticos que serían necesarios para la comprensión de tales contenidos. Sin embargo, el diálogo entre varios expertos de diferentes países ha concluido que “resulta incorrecto decir que no se puede enseñar Física Cuántica en la Escuela Media por las dificultades matemáticas que encierra su formalización [...] parece existir un consenso entre los investigadores en Enseñanza de

las Ciencias, acerca de la necesidad de introducir tópicos de Física Moderna o Contemporánea en el Nivel Medio” (Vicario & Venier, 2010, p.54)

A modo de conclusión, es posible afirmar según el apoyo del planteamiento anterior y lo ya expresado en este capítulo, que es posible, pero ante todo necesario incluir contenidos de la física moderna en la educación media, desde el inicio y no cuando ya se esté terminando el plan de estudios. Es decir, que se aboga por la total capacidad que tienen los estudiantes de comprender tales temáticas, aun cuando requieran de conocimientos matemáticos avanzados, pues lo indispensable es la motivación que se le transmita a ellos para la aplicación de los contenidos en su contexto real.

3.2 Investigaciones hechas alrededor de la enseñanza de la física moderna en otros contextos.

A nivel mundial y, en particular, en algunos países de Sudamérica se ha realizado desde tiempo atrás, una fuerte investigación en el campo de la enseñanza de física moderna, los desarrollos científicos y tecnológicos que se pueden enseñar en la educación básica y media como un complemento o una alternativa a las temáticas o modelos curriculares que tienen la enseñanza de la ciencia y en especial la física. En este sentido, ponemos de presente que las propuestas de enseñanza de la física moderna son de una gran viabilidad para incorporarlas en los modelos educación en Colombia.

Entre estos trabajos se destacan las investigaciones hechas por los brasileros (Moreira y Ostermann, 1999). Dos profesores que nos dan una imagen de los desarrollos que se han hecho en la implementación de la física moderna en la educación a nivel escolar. En palabras de estos dos autores;

La física moderna y contemporánea es considerada difícil y abstracta; no obstante, las investigaciones en enseñanza de la física han mostrado que la

física clásica también es difícil y abstracta para los alumnos, que presentan serias dificultades conceptuales para comprenderla. (p.392)

Con esto, notamos que los procesos de enseñanza de la física no solo se limitan a que unos contenidos sean más complejos que otros, vemos como las investigaciones hablan de contenidos de física clásica complejos y difíciles de entender por los estudiantes. Y de alguna manera estamos limitando las capacidades que pueden llegar a obtener para un buen entendimiento de las cosas que los rodean, porque sí pueden tener toda la disposición e interés por aprender esto que al parecer es “difícil”.

De acuerdo con estos autores, despertar la curiosidad de los estudiantes por reconocer ideas y formas de ver el mundo es una herramienta para generar motivación en el aula de física. Las temáticas que nos ofrece la física moderna dan pie para la constante motivación de los estudiantes que ven estos lineamientos en los desarrollos científicos y tecnológicos de su vida cotidiana y los conlleva a tener ideas, preguntas y ganas de investigar con relación al tema propuesto.

Según palabras de (Moreira y Ostermann, 1999, p.391) notamos que “los estudiantes oyen hablar de temas como agujeros negros y big bang en la televisión o en películas de ficción, pero estas temáticas jamás en clases de física” Lo cual demuestra una falta de interés por enseñar temas complejos y que de una o de otra manera se puede pensar que los estudiantes de básica no los puedan asimilar. Por más que los docentes traten de evitar los contenidos propios de la física moderna, es como taparles el sol con un dedo, sabemos que actualmente los medios de comunicación los hacen ver cercanos a los estudiantes que en cada consulta e investigación sobre desarrollos de la física o de cómo empezó, siempre traen a colación los avances que hizo Einstein, Schrödinger, Niels Bohr y hasta el propio Heisenberg⁹. Es de recalcar que estos contenidos son de gran apoyo para el docente de física, porque al momento que explique las temáticas, va a tener plenas herramientas a la mano para apropiarse nuevas ideas.

⁹ Ver imagen en los anexos #

En este sentido, la profesora Macías Foronda (2014) afirma que “otras investigaciones han mostrado que la escasa preparación matemática de los estudiantes hacen que el formalismo no se presente en forma integral, sino que se presentan resultados y algunas fórmulas aisladas” (p.15) ya que, el nivel matemático que tienen los desarrollos científicos de finales del siglo XIX y principios del siglo XX hace que los profesores le vean un mayor grado de dificultad a la hora de establecer lineamientos curriculares de la física moderna a nivel de la básica, sin establecer que muchas de las soluciones algorítmicas se pueden explicar desde una parte epistemológica y no desde una formalización matemática complicada y sin sentido; aunque esto también sea válido para la enseñanza de la física clásica.

En efecto, se logra identificar cómo la enseñanza de la física moderna se puede llevar a cabo en las escuelas de secundaria, siempre y cuando los maestros se sientan seguros de las estrategias que utilizarán para lograr que los estudiantes se motiven y comprendan todos estos cuestionamientos y teorías. Y que, además se den la posibilidad de incluir en sus acciones pedagógicas las preguntas que surgen de los estudiantes, desde todo lo que los está rodeando y ofreciendo información, que en ocasiones no es fácil de entender, pero ellos desean conocer más para hablar de estos temas.

A modo de ejemplo, se hará referencia a una investigación desarrollada desde un proyecto de aula en Costa Rica, y que precisamente corrobora la posibilidad de que los estudiantes se pregunten e investiguen sobre temas enmarcados en la física moderna, y que fácilmente pueden entender y dar a conocer a otros. Para lo cual mencionan “cómo la física moderna afecta a nuestras vidas, la influencia de la física moderna en el campo de la astrofísica y hasta donde la teoría de la relatividad puede ser presentada a través de paradojas” (Roldan Santamaría, 2010, p.9)

Ahora bien, cada vez adquiere más importancia, para la enseñanza de la física en los colegios la utilización de las NTIC's que es el punto de partida para las investigaciones

que amplían las temáticas de la enseñanza de la ciencia, así la profesora Leda María Roldan (2010)¹⁰ expone que:

Las TICs o NTIC's tienen por objeto aportar claridad para conceptos aún más abstractos. El surgimiento de nuevos conocimientos, especialmente Internet, está transformando las posibilidades de acceso a la información en el mundo entero, cambiando nuestra manera de comunicarnos y también las rutinas diarias en los ámbitos de trabajo (p.5)

Con el uso de estas tecnologías, vemos cómo los estudiantes tienen mayor facilidad en la búsqueda de información que responden a los desarrollos actuales que tiene el campo de la ciencia, en nuestro caso el campo de la física moderna a un nivel escolar, donde los estudiantes pueden mejorar su calidad de vida estableciendo conexiones con sistemas de información completos y de todas partes del mundo.

En otro trabajo de investigación, Alemán & Pérez (2001) llevaron a cabo una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER, buscando llenar los vacíos detectados y solventar los malentendidos que todavía persisten en la docencia en esta rama de la Física, a través de un refinamiento y mejora de las unidades didácticas utilizadas por los docentes, desde la implementación de un cambio conceptual como estrategia metodológica. De la realización de esta propuesta, concluyen los autores que, parece posible construir un proyecto didáctico alternativo hacia el tema de relatividad, fundamentado en una perspectiva espacio-temporal, lo que nos acerca mucho más a los contenidos de la física moderna.

Otro punto, tiene que ver con una investigación en la que se mencionan las dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato, a partir de porcentajes que arrojan los cuestionarios hechos a estudiantes donde mencionan las dificultades que encuentran al aprender temas complejos de la física. Al respecto, las

¹⁰ Santamaría, L. R. (2010). El uso de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC's) en la enseñanza de la física moderna. Actualidades Investigativas en Educación, 10(1), 1-13.

palabras conclusivas de Sinarcas, V., & Solbes, J., (2013): “podemos afirmar que algunos libros y profesores presentan características que no tienen en cuenta las dificultades de los estudiantes y, por tanto, no contribuyen a superarlas e, incluso, en algunos casos introducen ideas alternativas sobre la Física Cuántica” (p.21).

Para finalizar, tenemos que decir que, en alusión a las investigaciones hechas a la enseñanza de la física moderna, se está indagando la importancia que tendrían los contenidos de la física moderna en la educación y sus implicaciones para el contexto real, y como respuesta a estos cuestionamientos se ha logrado diseñar e implementar diversas propuestas pedagógicas que incluyen otras formas de enseñar y aprender. Por ende, nos da una base importante para las consideraciones y apuestas pedagógicas que prosiguen en los apartados que dan continuidad al presente trabajo.

CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES HISTÓRICAS Y EXPERIMENTALES DEL TRABAJO DE HEISENBERG

4.1 Planteamiento histórico-filosófico del origen de la física moderna.

Para iniciar, se debe considerar que para muchos físicos de finales de siglo XIX, establecer cambios en la forma de concepción que se tiene de antiguas teorías (como las planteadas por Newton y Galileo) o de los más recientes fenómenos físicos (como la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad) implica dejar de lado las explicaciones basadas en el formalismo de la mecánica clásica y con la misma mirada filosófica; ya que, este es nuestro punto de partida para proponer una perspectiva diferente como la problemática histórico-filosófica, que se dio desde principios del siglo XIX. En palabras del profesor (Orozco J. C., 2016) en su introducción al tópico de investigación “La problemática histórico-filosófica en la emergencia de las mecánicas cuánticas y relativista”. Plantea:

La Física Clásica se hallaba, por demás, en una encrucijada: Para dar cuenta de los diversos fenómenos debía acudir a diversas imágenes que conducían a representaciones del mundo físico muchas veces contradictorias. Esta encrucijada no sólo se reflejaba en términos de la dificultad para acceder a una imagen consensuada por parte de la comunidad científica, sino también en la imposibilidad de que un mismo individuo lograra articular una imagen coherente del mundo que, a su vez, fuera universalmente compartida. Allí en donde no era posible una imagen clara y distinta de la naturaleza, verdadera en sí misma, se hacía necesario adherir, en muchos casos con fe ciega, a unas teorías que poco a poco iban adquiriendo un estatus análogo al de las doctrinas religiosas. (p. 2)

Para poder hablar de los desarrollos obtenidos en la consolidación de lo que conocemos como física moderna tenemos que hacer un paralelo entre diferentes tipos de científicos que marcaron la pauta en los desarrollos de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Entre estos, se encuentra Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Louis de Broglie y Werner Heisenberg, que ponen su grano de arena para hablar de un cambio en la historia de la física.

De los primeros avances hechos a la física moderna, aparecen con las inquietudes del físico alemán Max Planck, considerado el fundador de una nueva teoría, desde los aportes experimentales con su trabajo sobre la radiación de cuerpo negro. Max Planck indagó por qué los cuerpos al ser sometidos a un cambio temperatura, de menor a altos grados, cambiaban de color. Por otro lado, y de suma importancia para el origen el principio de incertidumbre tenemos uno de los desarrollos planteados por Planck, simbolizados con la letra (h) minúscula y que se utiliza en todos los cálculos probabilísticos de la mecánica cuántica. El valor numérico de esta constante es $6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$. un pequeño acercamiento para el desarrollo que se viene dando a diario en el campo de la tecnología, de la ciencia, la industria y en general, la fabricación de materiales para las guerras finalizando el siglo XIX.

Con esto, se empiezan a formular una serie de preguntas e inquietudes sobre fenómenos del comportamiento de la energía y la materia a escala atómica, que no pueden ser resueltas sólo desde las matemáticas o con explicaciones de la mecánica clásica, pues se necesita de teorías más adecuadas. Este cambio radical o esta caída de la teoría Galileana y Newtoniana fue la polémica para que diferentes científicos como en el caso de Einstein, empezaran a plantearse y cuestionarse qué pasa con las partículas que viajan a una velocidad cercana a la velocidad de la luz. Al plantearse esto empieza a construir toda una teoría llamada relatividad, que a razón de objetos que viajan a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, la teoría de la mecánica clásica no concordaba.

Estas conclusiones y trabajos experimentales de Planck y los planteamientos filosóficos de Einstein llevan a un joven danés llamado Niels Bohr a plantear una serie de criterios y fundamentos teóricos que conducen a una revisión del modelo atómico desde Rutherford, y deja como principios físicos cuatro postulados, tal y como él recoge en su libro “La teoría atómica y la descripción de la naturaleza”, referencia que:

- Un átomo tiene un determinado número de orbitas estacionarias, la que esclarece de que un electro no radia ni absorbe energía. Aunque estén en movimiento.
- Un electrón gira alrededor de su núcleo de tal forma que la fuerza centrífuga sirve para equilibrar con exactitud la atracción electrostática de las cargas opuestas.
- El momento angular del electrón en un estado estacionario y es un múltiplo de $h/2p$ donde (h) es la constante de plan anteriormente mencionada y p es el momento angular.
- La absorción o emisión de energía radiante por parte de un átomo que se hace mediante un cambio de órbita del electrón, de forma de si emite energía radiante el electrón salta a una órbita de menor energía “salto cuántico” y si absorbe energía radiante, entonces salta a una órbita de

mayor energía. La variación de energía se emite en forma de un cuanto de radiación electromagnética llama fotón.

Con estos postulados Bohr logra establecer una nueva imagen del modelo atómico y de su comportamiento de la materia a escalas muy pequeñas y abre las puertas para los desarrollos teóricos (conceptuales, matemáticos y filosóficos) para que se desencadene la revolución cuántica que caracterizará la física que se desarrolla, en particular en Alemania, entre la primera y la segunda guerra mundiales.

Esta noción de la mecánica cuántica, conlleva a Bohr a plantear el principio de complementariedad que es de gran importancia en relación con la formulación de El principio de incertidumbre de Heisenberg, donde expone la necesidad de reemplazar los esquemas clásicos sobre la relación de causalidad. Este argumento en imágenes de Bohr, se puede explicar desde la dualidad onda partícula, propuesta por el físico francés Louis de Broglie. Como bien sabemos esta dualidad expone dos teorías, una planteada desde el siglo XVII con el planteamiento corpuscular de la luz de Newton y la segunda por el comportamiento ondulatorio de la luz de Thomas Young, planteado desde su experimento de la doble rendija.

Esto nos da el punto de partida para empezar hablar del trabajo hecho por Louis de Broglie. Que asocia el concepto de la dualidad onda partícula a la forma del comportamiento de la materia a escalas muy pequeñas y este planteamiento es el mejor referente para poder hablar del principio de incertidumbre, por esto, es que lo vamos llevando como pleno referente para poder proponer criterios en la enseñanza de la física moderna en la educación básica y media en Colombia.

Para complementar lo que llevamos hasta el momento, tenemos que hacer notar el formalismo matemático y probabilístico que nos da la solución de la ecuación de onda planteada Erwin Schrödinger para poder desarrollar esta dualidad de onda partícula que describe cómo es la evolución temporal de un sistema cuántico para plasmar la probabilidad de donde podemos encontrar el electrón. Es importante mencionar como

estos nuevos desarrollos conducen a una serie de paradojas y aparentes sin sentidos cuando se trata de analizar, desde un marco fenomenológico, la cotidianidad en la que los seres se desenvuelven. Estas paradojas son ilustradas por experimentos mentales muy interesantes, entre los cuales se puede destacar un hecho universalmente conocido como es el gato de Schrödinger, concebido en 1935.

De esta manera, llegamos a una explicación que hace el físico Schrödinger con su experimento mental del gato de Schrödinger, y lo traemos a relación con nuestra investigación porque se puede tomar como una herramienta metacognitiva, que de manera pertinente introduce algunos lineamientos de la física moderna a la educación básica y media en Colombia, y con ello se plantea un paralelo con el principio de incertidumbre, como se mencionará a continuación.

Este experimento nos relaciona algunas variables que en su momento se vuelven probabilísticas y que de una forma o de otra explica cómo podemos tener una relación de incertidumbre. Se habla de un gato que se encierra en un cuarto con un pez envenenado, en el preciso momento de que le cierran la puerta al gato se empieza a generar una incertidumbre si el gato está vivo o si está muerto, pero, solo podemos cambiar el estado de ese sistema si lo observamos y lo perturbamos de una manera incontrolable, y podemos definir si el gato está vivo o si se comió el pez envenenado y está muerto. Es de destacar, que para verificar la condición en que se haya el gato, es inevitable modificar sustancialmente el sistema, a tal punto que no corresponderá con el propósito del cual se formula las predicciones.

Esta misma relación se hace semejante al comportamiento de las partículas subatómicas, en el caso de los electrones cuando los hacemos pasar por el experimento de la doble rendija planteado por Thomas Young. Podemos notar de esta relación que, al no observar los electrones, se pueden comportar con la dualidad onda partícula, porque del cañón salen como partícula, pasan por la doble rendija como una onda de probabilidad, pero llegan al detector como una partícula. De modo que, si observamos los electrones pueden estar como el gato de Schrödinger vivo o muerto, es

decir como onda o partícula a la vez, pues con la mirada se está perturbando de una manera incontrolable y sólo se comportan como una partícula, pasan por una sola rendija y se pierde el patrón de interferencia plasmado en la pantalla que detiene al electrón.

No está de más recalcar en este escrito los siguientes experimentos que dieron paso para concluir el principio de incertidumbre que es el referente claro para esta investigación, en palabras de Heisenberg en su libro “los principios físicos de la teoría cuántica (1949)” plantea que:

Los experimentos de la física y sus resultados pueden ser descritos en el lenguaje de la vida diaria. Así, si el físico no demandara una teoría para explicar sus resultados y pudiera estar satisfecho, digamos, con una descripción de las líneas que aparecen sobre las placas fotográficas, todo sería simple y no se necesitaría de una discusión epistemológica. Las dificultades surgen solamente en el intento para clasificar y sintetizar los resultados, para establecer la relación de causa y efecto entre ellos- en pocas palabras, para construir una teoría. (p. 1)¹¹

Con esto vamos a obtener de forma general, el concepto experimental para la introducción al formalismo atómico planteado por los siguientes experimentos; el primero, es el experimento de las Fotografías de Wilson¹² que nos habla lo siguiente:

los rayos α y β emitidos por elementos radioactivos producen la condensación de pequeñas gotas cuando se hacen pasar a través de vapor de agua sobresaturado. Estas gotas no se distribuyen al azar, sino que se arreglan a lo largo de rastros definidos que, en el caso de los rayos α , son aproximadamente líneas rectas, en el caso de los rayos β son irregularmente curvos. (p. 4)

¹¹ La presente traducción, hecha a partir de la versión inglesa, ha sido realizada por Juan Carlos Orozco Cruz, profesor Asistente del Departamento de Física del Universidad Pedagógica Nacional, en el marco del Seminario de Historia y Epistemología de la Física III de la Maestría en Docencia de la Física.

¹² *Proceedings of the Royal Society, A.*, **85**, 285, 1911.; ver también *Jahrbuch der Radioaktivität*, **10**, 34, 1913.

El segundo de estos experimentos es el de Difracción de ondas materiales (Davisson y Germer¹³, Thomson¹⁴, Rupp¹⁵): esto nos indica que:

los rayos β podían ser difractados y que eran capaces de interferencia como si fueran ondas. Típico entre estos experimentos es aquél de G. P. Thomson, en el cual un estrecho haz de rayos β de moderada energía es pasado a través de una delgada hoja de materia. La hoja está compuesta de pequeños cristales orientados en orden, porque cada cristal está arreglado regularmente. Una placa fotográfica que registre los rayos emergentes exhibe anillos de oscurecimiento como si los rayos fueran ondas y fuesen difractados por los diminutos cristales. De los diámetros de los anillos y la estructura de los cristales, puede ser determinada la longitud de estas ondas, cuyo valor resulta ser $\lambda = h/mv$, donde m es la masa, v la velocidad y h la constante de Planck. (p. 5)

El tercero es la difracción de rayos X que hace referente a:

La misma interpretación dual es necesaria en el caso de la luz y la radiación electromagnética en general. Después que las objeciones de Newton a la teoría ondulatoria de la luz hubieron sido refutadas y los fenómenos de interferencia fueran explicados por Fresnel, esta teoría dominó todas las otras por muchos años, hasta que Einstein puntualizó que los experimentos de Lenard sobre el efecto fotoeléctrico podían ser explicados, únicamente, por una teoría corpuscular. Postuló que el momentum de las partículas hipotéticas estaba relacionado con la longitud de onda de la radiación por la fórmula $p = h/\lambda$. La necesidad de ambas interpretaciones es particularmente clara en el caso de los rayos X: Si un haz homogéneo de rayos X se pasa a través de una masa cristalina, y los rayos emergentes se reciben sobre una placa fotográfica, el resultado es muy similar al del experimento de G. P. Thomson, y de él se puede

¹³ *Physycal Review*, **30**, 705, 1927; *Proceedings of the National Academy*, **14**, 317, 1928.

¹⁴ *Proceedings of the Royal Society, A*, **117**, 600, 1928, *A*, **119**, 651, 1928.

¹⁵ *Annalen der physik*, 85, 981, 1928.

concluir que los rayos X son una forma de movimiento ondulatorio, con una determinada longitud de onda. (p.6)

El cuarto es experimento Compton-Simon¹⁶ este nos habla que:

Cuando un haz de rayos X pasa a través de vapor de agua sobresaturado, es desviado por las moléculas. Los productos secundarios de la colisión son los electrones de "retroceso", que aparentemente son partículas de considerable energía, ya que forman trazos de gotas condensadas como hacen los rayos β
(p 7)

Por último, para finalizar con los experimentos que conducen al formalismo del principio de incertidumbre, tenemos los experimentos de colisión que Franck y Herrz¹⁷ plantean:

Cuando un haz de electrones lentos con velocidad homogénea pasa a través de un gas, la corriente electrónica como función de la velocidad cambia discontinuamente para ciertos valores de velocidad (energía). El análisis de estos experimentos conduce a la conclusión de que los átomos en el gas sólo pueden asumir valores discretos de energía (postulado de Bohr). Cuando la energía del átomo es conocida, uno habla de un "estado estacionario del átomo". Cuando la energía cinética del electrón es demasiado pequeña para cambiar el átomo de un estado estacionario a otro mayor, el electrón sólo experimenta colisiones elásticas con los átomos; pero cuando la energía cinética es suficiente para la excitación, algunos electrones transferirán su energía al átomo, así la corriente electrónica como una función de la velocidad cambia rápidamente en la región crítica.

Esta contextualización hecha de los personajes que marcaron la historia de la mecánica cuántica y de la relatividad, da un impulso para poder seguir elaborando las

¹⁶ Physycal Review, 25, 306, 1925.

¹⁷ Verhandlungen der Deutschen Physicalische Gesellschaft, 15, 613, 1913.

consideraciones históricas y experimentales que llevaron al físico Werner Heisenberg a desarrollar su principio de incertidumbre. Es en este sentido, que en el siguiente enunciado plasmaremos parte del trabajo experimental y filosófico realizado por Heisenberg para el desarrollo de su teoría cuántica.

En conclusión, los trabajos que unos años después el físico alemán elaboró sobre la teoría cuántica se plasma en un texto que está concebido para el estudio de las nuevas generaciones de físicos, pues requiere reconocer una compleja fenomenología como base para la formulación del principio de incertidumbre. Una fenomenología que, además se caracteriza por su absoluto distanciamiento de la experiencia cotidiana y que precisa, para su realización, de un complejo entramado teórico e instrumental, que se concreta en cada uno de los experimentos referidos.

4.2 Principios de la teoría cuántica de Werner Heisenberg

De acuerdo con lo ya desarrollado, es importante ahora detallar las contribuciones e indagaciones que dieron paso a la física cuántica elaborada por el físico Heisenberg. De manera que, teniendo una imagen de la naturaleza se construye quizás uno de los principios fundamentales de la mecánica cuántica y que hace suponer algo totalmente fuera del saber común. Este principio fue enunciado por el físico alemán Werner K Heisenber en el año de 1925, al que llamó relación de incertidumbre o principio de incertidumbre. En palabras textuales del propio Heisenberg¹⁸ plantea lo siguiente, según la forma como dedujo este principio:

De manera que planteé sencillamente la siguiente pregunta: “Si de un paquete de ondas queremos saber tanto su velocidad como su posición, ¿cuál es la máxima precisión que podemos obtener, partiendo del principio de que en la naturaleza solo se dan aquellas situaciones que caben representar en el

¹⁸ (Heisenberg, 1979) “Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos” Libro de Bolsillo.

esquema matemático de la mecánica cuántica?” La tarea matemática fue muy sencilla y el resultado fue el principio de incertidumbre, que parecía ser compatible con la situación experimental. (p. 35)

Para empezar, Heisenberg, dictamina que una propiedad fundamental de los sistemas cuánticos, es su valor de indeterminación; pues debido a la dualidad onda – partícula, no es posible medir simultáneamente y con exactitud la velocidad y posición de una partícula. Es decir:

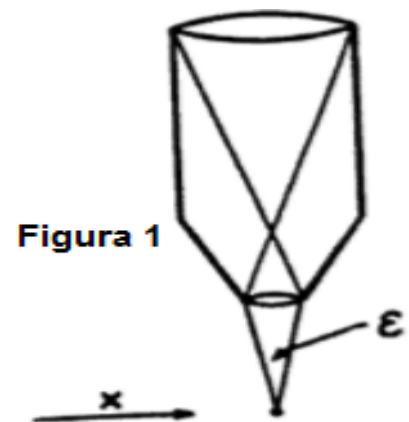
“la posición y la velocidad de una partícula (como un electrón que gira en un átomo) solo pueden medirse al mismo tiempo con una precisión limitada. La fórmula del principio de incertidumbre de Heisenberg implica que cuanto mayor es la precisión con la que se conoce la posición de una partícula, con menos precisión podemos saber su velocidad; y viceversa”

Para esclarecer el párrafo anterior, este físico aporta que “El principio de incertidumbre se refiere al grado de indeterminaciones en el conocimiento presente posible de los valores simultáneos de varias cantidades con los cuales la teoría cuántica trata” (Heisenberg, 1949, p. 20) Así pues, cuando realizamos un experimento nuestro conocimiento sobre el movimiento del electrón queda restringido por la relación de incertidumbre y la observación que desde el microscopio alteró el momentum de dicho electrón.

Ahora bien, para comprender aún más los desarrollos de esta teoría se tendrán en cuenta los siguientes apartados y la construcción matemática fijada desde la óptica, siendo los más relevante y que se retoman del documento escrito por Werner Heisenberg “Los principios físicos de la teoría cuántica” (1949) y que plantean todo un esquema para llegar a la formulación matemática y filosófica del principio de incertidumbre, al igual como ya lo hemos mencionado parte de este formalismo a plantear tuvieron diferentes autores que suministraban diferentes tipos de fichas a la construcción de la teoría cuántica y en nuestro interés el principio de incertidumbre.

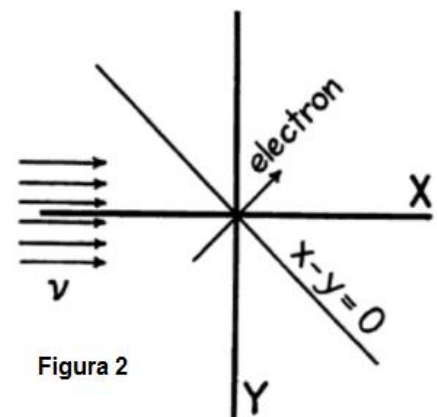
a) **Determinación de la posición de una partícula libre:**

Para poder determinar la posición de la partícula y destruir el momentum de esta misma, vamos a considerar el uso de un microscopio¹⁹ sea una partícula moviéndose a una distancia del microscopio que del cono del rayo disparado desde él hacia un objeto con una apertura angular ε y siendo x la longitud de onda de luz que lo ilumina, se genera una incertidumbre de la luz que lo ilumina y sería la incertidumbre de la coordenada x (Ver fig. 1)²⁰ (p 21)



b) **Medida de la velocidad o momentum de una partícula libre:**

Para determinar la velocidad de las partículas hace uso del efecto Doppler. La figura 2 muestra la disposición experimental en sus estados iniciales. Se puede suponer que el componente del momentum del electrón es conocido con exactitud, por lo que su coordenada x es completamente desconocida. La teoría del efecto Doppler, utiliza las leyes de la conservación de la energía, y el impulso del electrón deja que ε denote la energía del electrón, la frecuencia de la luz incidente, y así se distingue la misma cantidad antes y después de la colisión del electrón con el fotón. (p. 25)



¹⁹ N. Bohr, loc. Cit.

²⁰ Las figuras mostradas a continuación y parte del contenido textual, fueron tomadas del libro The Physical Principles Of The Quantum Theory de Werner Heisenberg.

c) Electrones enlazados:

Este fenómeno puede ser fácilmente comprendido a partir de un diagrama de órbitas en el espacio de fases planteado desde la mecánica clásica (Ver. Fig.3). esto nos dice que el impulso del electrón puede medirse más fácilmente haciendo repentinamente que la interacción del electrón con el núcleo y los electrones vecinos sea insignificante, este ejecutará entonces un movimiento en línea recta y su momento se puede medir de la manera ya explicada. La perturbación necesaria para tal medición es, por tanto, obviamente del mismo orden de magnitud que la energía de enlace del electrón. (p. 31)

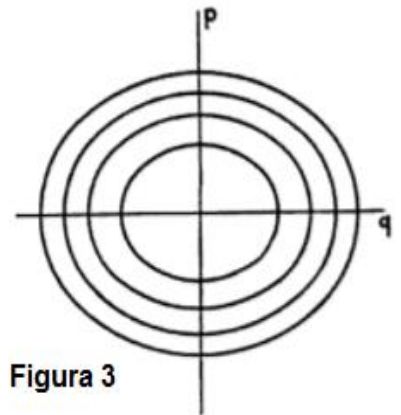
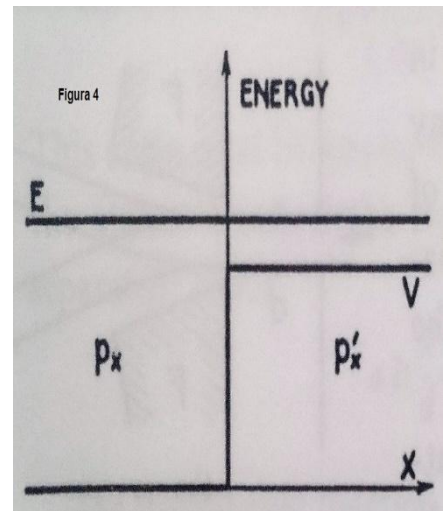


Figura 3

d) Mediciones de energía:

Si un electrón pasa por una barrera de potencial se suele asumir los resultados de la teoría clásica, siendo su energía mayor que el potencial más alto del campo. Esta conclusión es ciertamente incorrecta en la teoría cuántica, si la anchura de la barrera de potencial es comparable a la longitud de onda de Broglie, del electrón, un cierto número de electrones la intuirá, aunque su energía sea menor que el valor crítico necesario en la teoría clásica.



Este número disminuye exponencialmente a medida que el ancho de la barrera aumente. (p. 39,40)

e) Formalismo matemático del principio de incertidumbre:

Esta relación que vamos a plantear se puede tomar como bien en términos de onda o partícula. Sabemos que de una cierta imagen del electrón es conocida la

posición como Δx en el tiempo t . por otro lado tenemos que definir el momentum del electrón como $P_x = \mu V_x$ (donde μ = masa del electrón, V_x = la componente en x de la velocidad), esta incertidumbre en la velocidad causa una incertidumbre en P_x de medida ΔP_x ; con referente de las leyes más simples de la óptica, y de acuerdo con la relación tenida para la relación de la longitud de onda, la constante de Planck y el momentum lineal del electrón ($p = h/\lambda$), se puede mostrar que:

$$\Delta x \Delta p \geq h \quad (1)$$

Supongamos al tren de ondas formado por la superposición de ondas planas, todas con longitudes de onda cercanas a λ_0 luego, ordinariamente hablando $n = \Delta x/\lambda_0$ crestas o valles caben dentro de las fronteras del paquete. Fuera de los limites las ondas planas componentes pueden cancelarse por interferencia; esto es posible, si, y solo si, el conjunto de ondas componentes contiene algunas de las cuales al menos $n+1$ ondas caben en el rango crítico. esto da:

$$\frac{\Delta x}{\lambda_0 - \Delta \lambda} \geq n + 1$$

Donde $\Delta \lambda$ es el rango aproximado de longitudes de ondas necesaria para representar el tren. Consecuentemente.

$$\frac{\Delta x \Delta \lambda}{\lambda_0^2} \geq 1 \quad (2)$$

De otra parte, la velocidad grupal de las ondas (es decir la velocidad del tren) es por:

$$vg = \frac{h}{\mu\lambda_0} \quad (3)$$

De tal manera que la propagación del tren está caracterizada por el rango de velocidades.

$$\Delta vg = \frac{h}{\mu\lambda_0^2} \Delta\lambda$$

Por definición $\Delta p = \mu\Delta vg$ por consiguiente, por la ecuación (2), llegamos a la relación de incertidumbre:

$$\Delta x \Delta p \geq h$$

Esta relación de incertidumbre especifica los límites dentro de los cuales la imagen particularista puede ser explicada. Cualquier uso de las palabras, "posición" y "velocidad" con una precisión que exceda la dada por la ecuación (1). (p. 13, 14, 15)²¹

Con esta forma matemática de llegar al formalismo del principio de incertidumbre terminamos las consideraciones históricas, epistemológicas, experimentales y filosóficas que se dieron en torno al principio de incertidumbre para esta investigación. Por otro lado se deja claro que pueden dejar más consideraciones del trabajo de Heisenberg y de los diferentes autores que dieron origen a la mecánica cuántica, pero para nuestra pertinencia y para esta investigación es lo que se nos ocurre pertinente.

²¹ Esta reflexión matemática del principio de incertidumbre es referente del libro de Heisenberg libro The Physical Principles Of The Quantum Theory y de la traducción hecha por el profesor Juan Carlos Orozco Cruz.

4. CAPÍTULO IV

EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE: UNA HERRAMIENTA METACOGNITIVA PARA INCORPORAR LA FÍSICA MODERNA EN LA EDUCACION BASICA

5.1 Antecedentes desde la indagación en libros de texto

Al momento de indagar la educación básica en Colombia y en general en el área de física, nos encontramos con algunos criterios y conclusiones que son repetitivas en el aula de clase y en el entorno social de cada docente. Se habla de cómo los modelos educativos, los currículos escolares y parámetros empleados por el Gobierno o por las mismas instituciones, indican clases rutinarias, obsoletas y que de una u otra forma llevan al estudiantado a bajar su rendimiento académico debido al desinterés que les genera los contenidos vistos en las cátedras del año académico.

Por ende, a partir de éste trabajo los maestros encontraran una seria de reflexiones y criterios que les contribuya a proponer otras estrategias y otros contenidos para las clases de física. Primeramente, es necesario desarrollar y aclarar el término de herramienta metacognitiva, pues lo que se está buscando es que los estudiantes elaboren conocimientos que les sean significativos, que puedan compartir con otros y que incluso los puedan aplicar en su contexto real; por ello que, el concepto aplica perfectamente para el objetivo de este ejercicio investigativo, para dejar a un lado el aprendizaje memorístico y proponer la enseñanza de contenidos de la física moderna como respuesta a interrogantes de la vida real, que ya no pueden ser explicados desde la física clásica.

Para dar una mejor explicación del concepto, se debe estudiar el origen y significado de cada una de sus partes, así dividiendo la palabra quedaría: [Meta] = es la capacidad de conocer conscientemente, y [Cognición] = significa conocimiento y aprendizaje. Es decir, que, si se realizan experiencias gratificantes en el momento de enseñar, las personas pueden ser conscientes del conocimiento que están aprendiendo, explicando

los procesos que les permitieron llegar a tal conocimiento y saber cómo pueden continuar con el aprendizaje. En palabras de, (Chrobak R, 2000) “la metacognición requiere saber qué (objetivos) se quiere conseguir y saber cómo se lo consigue. (Autorregulación o estrategia)” (párrafo.23)

Así que una herramienta cognitiva tiene que ver con los pasos, estrategias o caminos que toma el estudiante para ser consciente de los contenidos que está aprendiendo, de manera que conoce los conocimientos que apropia y puede trabajar mentalmente para mejorar sus procesos de aprendizaje. El mismo autor, nos da otra idea diciendo que “es una realidad de nuestras instituciones el haber puesto el acento en los contenidos, más que en el modo de conseguirlos, en los resultados más que en los procesos; la investigación metacognitiva propone un cambio fundamental en esta tendencia, atendiendo también los procesos de aprendizaje y no solo sus resultados” (Chrobak R, 2000) (párrafo.26)

Como estamos ya entendiendo que es herramienta metacognitiva, será fácil comprender que cuando un estudiante se aproxime a estudiar, a leer sobre el desarrollo histórico del principio de incertidumbre y las discusiones que se dieron entre diferentes físicos de la época, el estudiante entenderá por ejemplo la importancia que tienen las distintas concepciones históricas y filosóficas del mundo, esto es un ejercicio metacognitivo. Lo cual está en consonancia con la cada vez más aceptada condición destacada por el constructivismo de que no existe una única concepción de naturaleza, y se puede explicar los fenómenos naturales desde diferentes puntos de vista. Este es también el caso del principio de incertidumbre que me explica el comportamiento de la materia a escala atómica, donde los estudiantes tienen la capacidad de entender y asimilar este principio desde una mirada filosófica, para que así, se vayan involucrando con contenidos más complejos que exige el aprendizaje de la teoría cuántica o de la relatividad.

Por otra parte, para tener una imagen general en este capítulo, sobre los contenidos que hacen alusión a la física moderna en la educación básica y media en Colombia, se

analizará el cuadro comparativo de cuatro libros de texto planteado por el profesor Deiberth Sebastián Guayaró Moreno en sus tesis de pregrado: “La enseñanza de la teoría especial de la relatividad: reglas fijas y relojes con estudiantes de grado séptimo” (2017, p.43-45)

	Investigamos 11	Física fundamental 2	Física: una ciencia para todos	Hipertexto de física 2
Autores	Ramírez Ricardo, Villegas Mauricio	Michel Valero	James Murphy, Zitzewitz Paul, Hollon James.	Romero Olga, Bautista Mauricio.
Año	1989	1996	1989	2011
Páginas	208	321	574	288
Editorial	Voluntad	Norma	Merril Publishing Company	Santillana S. A. (Romero, Olga, 1993)
Ciudad	Bogotá D. C.	Bogotá D. C.	Columbus, Ohio.	Bogotá D. C.
Bibliografía	No presenta	No presenta (Valero, 1996)	No presenta (Murphy, Zitzewitz, & Hollon, 1989)	No presenta documentos originales solo textos universitarios y otros libros.
Relatividad	No presenta (Ramirez & Mauricio, 1989)	Último capítulo (301 a la 316) dedicadas a explicar la relatividad.	Muestra conceptos de relatividad en un apéndice en 3 páginas.	Penúltimo capítulo en 12 páginas (245 a 257) habla de relatividad.

Unidad 1	Movimiento armónico simple	Movimiento periódico	Mecánica (introducción, movimiento rectilíneo, fuerzas y vectores)	Oscilaciones
Unidad 2	Movimientos ondulatorios	Sonido	Energía (momento, trabajo, energía termal)	Ondas
Unidad 3	Sonido	Óptica geométrica	Termodinámica	Acústica
Unidad 4	Óptica geométrica	Óptica física	Ondas	Óptica
Unidad 5	Instrumentos ópticos	Electrostática	Sonido	Electrostática
Unidad 6	Óptica física	Electromagnetismo	Óptica	Cargas eléctricas en movimiento
Unidad 7	Electrostática	De la física clásica a la física cuántica. (Valero, 1996)	Electromagnetismo	Electricidad y magnetismo
Unidad 8	Corriente eléctrica y circuitos		Física moderna.	Física moderna. (Romero & Bautista, 2011)

Unidad 9	Electromagnetismo. (Ramirez & Mauricio, 1989)		(Murphy, Zitzewitz, & Hollon, 1989)	
----------	--	--	-------------------------------------	--

Lo que nos da a entender el anterior estudio comparativo de los textos escolares, es que los contenidos de la física moderna se dejan siempre para las ultimas unidades o incluso ni se mencionan en ningún lado, pues en la construcción de los currículos escolares no se le da importancia a la implementación de la física que se desarrolló a finales del siglo XIX y principios del XX, aun cuando pueden estar relacionadas con acontecimientos de la actualidad. Aunque esto tiene que ver con cómo “algunos enfoques develan dificultades en las estrategias de enseñanza, los recursos didácticos y las actividades experimentales que son necesarias para aproximar los conceptos de la física moderna a los estudiantes, [...] situación que representa un reto mayor para el maestro, que desde su formación inicial ya se ha visto limitado en estas temáticas” (Macías Foronda, 2014, p.5)

Pero, ahora bien, con el uso de las nuevas herramientas tecnologías de información, vemos cómo los estudiantes avanzan en los desarrollos que tiene el campo de la ciencia y de nuestro interés con el campo de la enseñanza de la física moderna a nivel escolar; de forma que, van trabajando paralelamente a los conocimientos desarrollados tanto en el campo tecnológico como científico. Comprendiendo esta posición del uso de las nuevas TIC's, podemos referir que para introducir los lineamientos que competen a las temáticas de la física moderna, es necesario observar y analizar contenidos que en ocasiones no se encuentran en libros de texto con una información adecuada y pertinente; así que, el maestro debe dirigirse a otros medios de información.

Queda de presente que esta investigación, propone criterios para que de la forma más práctica se pueda implementar la física del siglo XX en la educación básica y media en

Colombia. Y como tal, el primer desarrollo metacognitivo que se podría exponer en la enseñanza de física moderna, es la plena comprensión del principio de incertidumbre que plantea Werner K. Heisenberg, como base fundamental para la comprensión de tantas otras teorías que hacen parte de los avances científicos en el campo de la física.

Esto, nos da a entender que el planteamiento matemático para cierto grupo de personas puede resultar sencillo y fácil de resolver, pero Heisenberg hace la pauta y pone como manifiesto que la comprensión del fenómeno de la incertidumbre sea compatible con la naturaleza. A pesar de que algunos desarrollos de la mecánica cuántica se dieron antes del planteamiento del principio de incertidumbre, se dar certeza de como éste es capaz de explicar el comportamiento de la naturaleza a escalas atómicas.

En este orden de ideas, la comprensión del principio de incertidumbre por parte de los estudiantes de la básica y en general en la media de Colombia y de Sudamérica, da un paso importante para seguir la contextualización de los contenidos que se posibilitan en la física moderna, según lo plantea el profesor (Valero, 1996)

“radiación electromagnética según Maxwell, radiación electromagnética según Planck, radiación del cuerpo negro, efecto fotoeléctrico, efecto Compton, ondas de materia, el principio de incertidumbre, series espectrales, teoría de Bohr sobre el átomo de hidrógeno niveles de energía y el experimento de Frank-Hertz”. (P. 262-273)

Para concluir, se puede haber observado como en la malla curricular de uno de los pocos libros que presentan contenidos de física moderna para la educación escolar, no pone de manifiesto la explicación metacognitiva que le puede brindar al estudiante comprender la relación de incertidumbre para la comprensión y desarrollo de las temáticas que se plantearon anteriormente por parte del profesor Michel Valero.

Es desde esta mirada que nos proponemos generar unos lineamientos estructurales de la enseñanza de la física moderna, poniendo de manifiesto de que la forma más fácil y comprensibles por el estudiante, esto teniendo clara la idea de cómo es el comportamiento de la materia en general la naturaleza a escala atómica. Y es aquí que entra el papel del principio de incertidumbre como una herramienta metacognitiva para apoyar al estudiante a comprender de una forma histórica y filosófica el origen y el desarrollo que se dio para llegar a hablar de los contenidos de la física moderna.

5.2 Lineamientos propuestos para la enseñanza de la física moderna

Desde el soporte referente que nos hace Heisenberg en su libro *The Physical Principles Of The Quantum Theory* de (1949), resalta y pone como primer acercamiento a los contenidos de la teoría atómica el principio de incertidumbre, es así, que lo traemos como referente en palabras textuales para darle la introducción a los lineamientos a plantear:

De una manera similar, este límite inferior para la precisión con que ciertas variables pueden ser conocidas simultáneamente puede ser postulado como una ley de la naturaleza (en la forma de las así llamadas relaciones de incertidumbre) y convertido en el punto de partida de la crítica que constituye la materia objeto de las siguientes páginas. Estas relaciones de incertidumbre nos dan aquella medida de la libertad de las limitaciones de los conceptos clásicos que es necesaria para una descripción consistente de los procesos atómicos. Soporte para un lineamiento. (p. 3, 4)²²

Teniendo este soporte como referente vamos a plantear contenidos teóricos y experimentales para implementar en el aula de clase, es así, que hemos llevado el enfoque de esta investigación desde sus primeras páginas planteando objetivos, planteamientos del problema de investigación y para finalizar con unas conclusiones

²² Este párrafo fue tomado del libro de Heisenberg *The Physical Principles Of The Quantum Theory* de (1949) páginas 3 y 4 y la traducción fue hecha por el profesor Juan Carlos Orozco Cruz.

entorno a todo el desarrollo investigativo. Es por esto que se plantea el siguiente cuadro con contenidos propios de la física moderna pertinentes para llevar a la escuela tanto en básica como en la media en Colombia.

LINEAMIENTOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA			
CONTENIDOS	HERRAMIENTAS DIDACTICAS	DESARROLLO DE ACTIVIDADES	METODOLOGIA
Principio de incertidumbre (Werner Heisenberg)	El principio de incertidumbre más que una herramienta didáctica es el primer referente para explicar el comportamiento de la naturaleza a escalas atómicas.	<ul style="list-style-type: none"> • De manera de exposición y reflexión por parte del docente, plantear las nociones del principio de incertidumbre. • Proponer ejemplos claros donde se pueda involucrar el principio de incertidumbre, la dualidad onda partícula, el experimento de la doble rendija y el gato de Schrödinger. • Situar el principio de incertidumbre en ejemplos de la cotidianidad en la que vienen los estudiantes, para que así se pueda hacer un paralelo con el saber y el conocimiento popular y la realidad científica del principio de incertidumbre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición y explicación de los contenidos, a cargo del profesor • Experimentos en laboratorio • Experimentos mentales (Gato de Schrödinger y La doble rendija) • Elaboración de conclusiones y nuevas hipótesis por parte de los estudiantes
Efecto fotoeléctrico	Observación del efecto fotoeléctrico	<p>Materiales: electroscopio, barra de polietileno, paño de lana, paño de zinc, placa de cobre, papel de lija fina, lámpara de luz ultravioleta, linterna.</p> <p>Proceso: Poner la placa de cobre en el electroscopio y cargarlo negativamente frotando la barra de polietileno cargada sobre la parte superior de la palca metálica. Luego se ilumina con luz de la linterna, U.V larga y U: V corta. Quitar la placa de cobre y poner el zinc</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar simulación de experimentos en plataformas

		<p>previamente limpiada con la lija fina. Repetir la iluminación con las distintas fuentes. Finalmente repetir el paso 3 pero cargando el electroscope positivamente; para ello, se acercará la barra de polietileno cargada, sin tocar el metal. Descargar éste momentáneamente con el dedo y después separa la barra de polietileno.</p> <p>Simulador en plataforma: https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/photoelectric</p>	<p>virtuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Involucrar herramientas tecnológicas cercanas al contexto de los estudiantes
<p>Teoría cuántica de Planck</p>	<p>Calcular la constante de Planck con Diodos de LED</p>	<p>Materiales: Diodos LED (amarillo, rojo, azul, cian-turquesa, verde), Polímetro, Fuente de alimentación de c.c.</p> <p>Proceso: Realizar un circuito por cada LED, y medir la intensidad que pasa por cada LED en función del voltaje aplicado, 1,5 a 3,5 V, en intervalos de 0,05V, para así poder analizar la curva que se genera. La tangente a dicha curva cortará al eje de abscisas en el punto donde el LED comienza a no tener corriente nula, es decir, con ello se obtendrá el voltaje umbral del LED.</p> <p>Ahora, realizar un cálculo estadístico para calcular la constante de Planck.</p> <p>Recordando las siguientes equivalencias se calculará la “h” correspondiente a cada LED.</p> <p>$E = q V_{\text{umbral}}$ donde q es la carga del electrón (1,6.10⁻¹⁹ culombios)</p> <p>$f = c / \lambda$ (c = 3.10⁸ m/s)</p> <p>$h = E / f$</p>	

		$h = \Sigma h / \text{número de LED's} = 6,6249 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Radiación del cuerpo negro	Laboratorio con la construcción de una caja	Al construir una caja de cualquier material y forma, se deja un pequeño orificio, así las radiaciones electromagnéticas que salen de la caja dependen solamente de la temperatura absoluta: esto es la radiación del cuerpo negro Simulador en plataforma: https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/blackbody-spectrum
Dualidad onda-corpúsculo (Louis De Broglie)	Experimento de la doble rendija	Inicialmente se debe conseguir una fuente emisora de radiación (láser), una pantalla oscura con los dos orificios (rendijas) y una segunda pantalla que servirá de sensor para observar la llegada de los objetos provenientes de la fuente. Al final, se debe evidenciar la naturaleza corpuscular de la onda o si en cambio se ha detectado la naturaleza ondulatoria de la luz. Simulador en plataforma PhET: https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/quantum-tunneling
Efecto Compton	Experimento de la dispersión de los rayos X	Para esto es necesario elaborar un aparato con la fuente de los rayos X, material grafito, un cristal y una pared detectora. Así, la radiación que genera la fuente de los rayos X es dispersada por el grafito; además, en el cristal se produce la reflexión que muestra la composición de la radiación dispersa en ondas.
Teoría de la relatividad	Partículas que viajan a velocidades cercanas a las de la luz	Tener un debate con los estudiantes de las contradicciones que se dieron con el descubrimiento de la teoría de la relatividad. Con relación a los objetos que viajan a la

		velocidad de la luz y que a la mirada de la mecánica clásica no se puede definir.	
--	--	---	--

5. REFLEXIONES FINALES

- Damos como pertinente el uso de los estudios Histórico-críticos como primer fundamento o herramienta para hacer el análisis de cualquier reflexión sobre textos originales y plantear las diferentes ideas que tiene cada autor en sus libros. Se destaca que este tipo de estudios plantean retos, en relación con la selección de fuentes y nuevas posturas frente a la idea de historia, que es transmitida en los textos escolares de uso más generalizado. Al respecto, se retoma un planteamiento de María Mercedes Ayala:

“el examen de la historia de las ciencias cobra especial relevancia en el ámbito de la formación en física de los docentes de física. Pero, mirar la historia es preguntar al pasado por el presente, y en consecuencia implica reconstruir el pasado desde el presente y viceversa. De esta forma la historia debe ser permanentemente reconstruida, lo mismo que las líneas de desarrollo que se puedan establecer.” (2006, p.26)

- Tener comprensión los objetivos y la problemática en cualquier investigación contribuye a consolidar nuevas comprensiones en consonancia con las elaboraciones de la ciencia. Dado que, el hacer conciencia de estas comprensiones es uno de los aspectos característicos del proceder metacognitivo.
- Tener claro que, aunque al plantear contenidos propios de física moderna en la educación básica y media, es relevante el formalismo matemático de cada uno de estos conceptos planteados, el estudio de los fenómenos cuánticos y relativistas hacen parte de la naturaleza y de la vida cotidiana de los estudiantes, pues se presenta una necesidad de ampliar las posibilidades de acceder y discutir los

problemas, fenómenos, explicaciones y aportes de la física moderna, en particular las teorías cuánticas, de los estudiantes de educación básica y media. Lo que presupone una modificación significativa de los currículos y una disposición diferente frente a la ciencia y a la enseñanza de la misma, por parte de los maestros.

- En este sentido, es de gran aporte motivacional que las nuevas generaciones se involucren en los estudios de la ciencia exacta y en específico en las licenciaturas en física, poniendo en discusión los interrogantes que les surge desde su contexto hacia las clases escolares, de manera que se establece un diálogo con el maestro, y los procesos de enseñanza y aprendizaje son cada vez más significativos.
- Así mismo incluir como estrategia de enseñanza las herramientas tecnológicas puede construir un ambiente diferente, con clases agradables y alegres en el que los estudiantes se interesen por aprender temas nuevos desde múltiples posibilidades que encuentran en la TIC's como explicaciones amplias y con ejemplos, simuladores online, videos, y demás.
- Frente a los desarrollos del principio de incertidumbre, es posible proponer la inclusión de contenidos relacionados con los cinco experimentos expuestos anteriormente en los fundamentos teóricos y experimentales, como base para la comprensión de una fenomenología que puede ser interesante para los estudiantes, profesores y directivos en las instituciones educativas. Así mismo, da paso a la comprensión de nuevos fundamentos teóricos, que no necesariamente tienen que estar en el último apartado de los textos de estudios o en los currículos propuestos para la asignatura de física.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayala, M. M. (2006) *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*. Grupo Física y Cultura, Profesora Depta de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Ayala Manrique (1992) *La enseñanza de la Física para la formación de profesores de Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, 14(3), 153-157.

Bohr, N., & Melgar, M. F. (1988). *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza*. Alianza Editorial.

Cotachira E. & Guaquetá I., (1997) *El método histórico crítico y la enseñanza de tópicos de física moderna: interpretación del efecto fotoeléctrico*. Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional

Chrobak, R. (2000). *La metacognición y las herramientas didácticas*. Contextos de educación, 5. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ingeniería, Departamento de Física. Buenos Aires

De-Geus y García M. (1987) *Introducción a la física moderna*. Universidad Nacional de Colombia.

Gómez (2008) *Física cuántica, un camino con corazón* Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional. Colombia

Guayará, D. S. (2017) *La enseñanza de la teoría especial de la relatividad: reglas fijas y relojes con estudiantes de grado séptimo*. Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá: Colombia

Heisenberg, W., Gabriel, A., & Pascual, F. (1969). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Seix Barral.

Heisenberg W. (1949) *The Physical Principles Of The Quantum Theory*. Publicado en The University Of Chicago Press in 1930.

Heisenberg W. (1979) *Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos*. Editorial Libro de Bolsillo.

Jaramillo Zapata, J. E., Arroyave Echavarría, J. E., & Higueta Giraldo, J. D. (2012). *Una Aproximación Al Despertar De La Enseñanza De La Física En El Nivel Medio En Colombia*.

Macías Foronda (2014) *La experimentación mental en la formación de maestros en ciencias: Una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela*. Universidad de Antioquia.

Martínez J. D. (2015) Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell. Tesis de Pregrado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá: Colombia

Moreira, M. A. & Ostermann, F. (1999). Física contemporánea en la escuela secundaria: Una experiencia en el aula involucrando formación de profesores *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 391-404

Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Bogotá. Ministerio de Educación Nacional.

Orozco, J. C. (2005). Atajos y desviaciones. Los estudios histórico-críticos y la enseñanza de las ciencias. 2º congreso sobre formación de profesores de ciencias, Bogotá

Orozco, J. C. (2016). *La Problemática Histórico-Filosófica En La Emergencia De Las Mecánicas Cuánticas Y Relativista*. Universidad Pedagógica Nacional Facultad De

Ciencia Y Tecnología Departamento De Física Licenciatura En Física Ciclo De Profundización, Bogotá D.C.

Orozco, J. C, Gramajo, M. C, & Bautista G. (1996). Heisenberg y Dirac: vías paralelas. El enfoque histórico-crítico y la enseñanza de la mecánica cuántica. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de física. Bogotá D.C.

Roldán Santamaría (2010) *El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC's) en la enseñanza de la física moderna*. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación Universidad de Costa Rica.

Sánchez Ron, J. M. (1995). Las filosofías de los creadores de la mecánica cuántica.

Sepúlveda (1994) *Un acercamiento a la enseñanza del principio de incertidumbre a partir de un análisis conceptual*. Tesis de grado Universidad Pedagógica Nacional

Sinarcas, V., & 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.

Vicario, J. E., & Venier, F. (2010). *La enseñanza de la física moderna, en debate en latinoamerica*. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería, 20, 49-57.

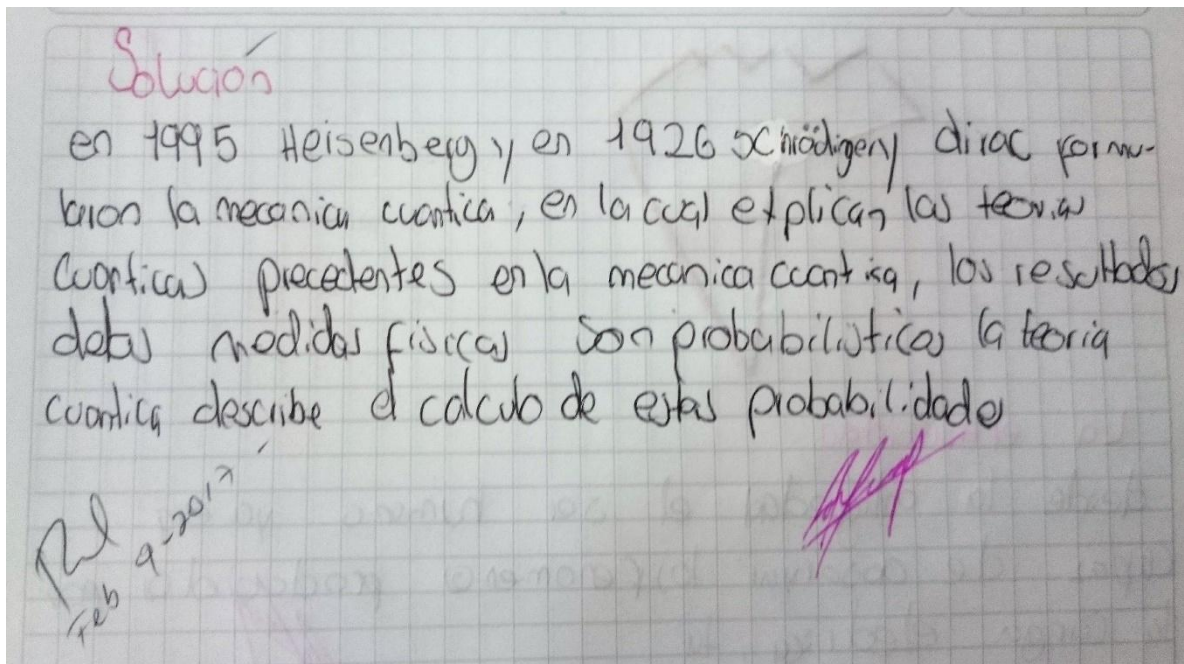
7. WEB GRAFÍA

file:///C:/Users/Pastor/Downloads/UNIDAD_DID%C3%81CTICA_F%C3%8DSICA_MODERNA_Javier_Guillermo.pdf

<https://www.bbvaopenmind.com/heisenberg-el-filosofo-de-la-cuantica/>

<https://phet.colorado.edu/es/>

10. ANEXOS



Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales

Décimo a undécimo

Al final de undécimo grado...

Explico la diversidad biológica como consecuencia de cambios ambientales, genéticos y de relaciones dinámicas dentro de los ecosistemas.

Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.

...me aproximo al conocimiento como científico(a) natural	...manejo conocimientos	
	Entorno vivo	
	Procesos biológicos	Procesos químicos
<ul style="list-style-type: none"> • Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas. • Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos. • Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento. • Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones. • Realizo mediciones con instrumentos y equipos adecuados. • Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas. • Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna. • Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia. • Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis. • Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones. • Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente. • Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados. • Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones. • Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental. • Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados. • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. • Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas. • Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas. • Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos. • Establezco relaciones entre mutación, selección natural y herencia. • Comparo casos en especies actuales que ilustren diferentes acciones de la selección natural. • Explico las relaciones entre materia y energía en las cadenas alimentarias. • Argumento la importancia de la fotosíntesis como un proceso de conversión de energía necesaria para organismos aerobios. • Busco ejemplos de principios termodinámicos en algunos ecosistemas. • Identifico y explico ejemplos del modelo de mecánica de fluidos en los seres vivos. • Explico el funcionamiento de neuronas a partir de modelos químicos y eléctricos. • Relaciono los ciclos del agua y de los elementos con la energía de los ecosistemas. • Explico diversos tipos de relaciones entre especies en los ecosistemas. • Establezco relaciones entre individuo, población, comunidad y ecosistema. • Explico y comparo algunas adaptaciones de seres vivos en ecosistemas del mundo y de Colombia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explico la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías. • Explico la obtención de energía nuclear a partir de la alteración de la estructura del átomo. • Identifico cambios químicos en la vida cotidiana y en el ambiente. • Explico los cambios químicos desde diferentes modelos. • Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que realiza. • Verifico el efecto de presión y temperatura en los cambios químicos. • Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos. • Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos. • Identifico condiciones para controlar la velocidad de cambios químicos. • Caracterizo cambios químicos en condiciones de equilibrio. • Relaciono la estructura del carbono con la formación de moléculas orgánicas. • Relaciono grupos funcionales con las propiedades físicas y químicas de las sustancias. • Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano.

- ▶ Identifico aplicaciones de algunos conocimientos sobre la herencia y la reproducción al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones.

- ▶ Identifico aplicaciones comerciales e industriales del transporte de energía y de las interacciones de la materia.

Para lograrlo...

propios de las ciencias naturales

Entorno físico

- Comparo masa, peso, cantidad de sustancia y densidad de diferentes materiales.
- Comparo sólidos, líquidos y gases teniendo en cuenta el movimiento de sus moléculas y las fuerzas electrostáticas.
- Verifico las diferencias entre cambios químicos y mezclas.
- Establezco relaciones cuantitativas entre los componentes de una solución.
- Comparo los modelos que sustentan la definición ácido-base.
- Establezco relaciones entre las variables de estado en un sistema termodinámico para predecir cambios físicos y químicos y las expreso matemáticamente.
- Comparo los modelos que explican el comportamiento de gases ideales y reales.
- Establezco relaciones entre energía interna de un sistema termodinámico, trabajo y transferencia de energía térmica, y las expreso matemáticamente.
- Relaciono las diversas formas de transferencia de energía térmica con la formación de vientos.
- Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas.
- Explico el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación.
- Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.

Ciencia, tecnología y sociedad

- Identifico la utilidad del ADN como herramienta de análisis genético.
- Argumento las ventajas y desventajas de la manipulación genética.
- Establezco la importancia de mantener la biodiversidad para estimular el desarrollo del país.
- Indago sobre aplicaciones de la microbiología en la industria.
- Comparo información química de las etiquetas de productos manufacturados por diferentes casas comerciales.
- Identifico productos que pueden tener diferentes niveles de pH y explico algunos de sus usos en actividades cotidianas.
- Explico la relación entre ciclos termodinámicos y el funcionamiento de motores.
- Explico las aplicaciones de las ondas estacionarias en el desarrollo de instrumentos musicales.
- Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz.
- Describo factores culturales y tecnológicos que inciden en la sexualidad y reproducción humanas.
- Identifico y explico medidas de prevención del embarazo y de las enfermedades de transmisión sexual.
- Reconozco los efectos nocivos del exceso en el consumo de cafeína, tabaco, drogas y licores.
- Establezco relaciones entre el deporte y la salud física y mental.
- Indago sobre avances tecnológicos en comunicaciones y explico sus implicaciones para la sociedad.
- Describo procesos físicos y químicos de la contaminación atmosférica.

...desarrollo compromisos personales y sociales

- Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.
- Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento.
- Reconozco los aportes de conocimientos diferentes al científico.
- Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.
- Cumpló mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de las demás personas.
- Me informo para participar en debates sobre temas de interés general en ciencias.
- Diseño y aplico estrategias para el manejo de basuras en mi colegio.
- Cuido, respeto y exijo respeto por mi cuerpo y por los cambios corporales que estoy viviendo y que viven las demás personas.
- Tomo decisiones responsables y compartidas sobre mi sexualidad.
- Analizo críticamente los papeles tradicionales de género en nuestra cultura con respecto a la sexualidad y la reproducción.
- Tomo decisiones sobre alimentación y práctica de ejercicio que favorezcan mi salud.
- Respeto y cuido los seres vivos y los objetos de mi entorno.